

PGS.TS. Nguyễn Xuân Trường - ThS. Quách Văn Long  
ThS. Hoàng Thị Thúy Hương

Các chuyên đề  
**BỒI DƯỠNG  
HỌC SINH GIỎI**

**HÓA HỌC**  
**10**



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI

PGS.TS. Nguyễn Xuân Trường - ThS. Quách Văn Long  
ThS. Hoàng Thị Thúy Hương

Các chuyên đề

# **BỒI DƯỠNG HỌC SINH GIỎI HÓA HỌC**

# **10**



NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA HÀ NỘI





## *Lời nói đầu*

Các em học sinh thân mến!

Để có kết quả cao trong kì thi học sinh giỏi các cấp, đòi hỏi học sinh phải nắm vững kiến thức đã học và phương pháp giải nhanh từng dạng bài tập. Nhằm đáp ứng nguyện vọng của nhiều học sinh (đặc biệt là học sinh các lớp chọn, lớp chuyên, lớp năng khiếu về Hóa học) muốn củng cố và mở rộng kiến thức của mình, chúng tôi biên soạn bộ sách gồm ba quyển:

**Quyển 1:** Các chuyên đề bồi dưỡng học sinh giỏi Hóa học 10.

**Quyển 2:** Các chuyên đề bồi dưỡng học sinh giỏi Hóa học 11.

**Quyển 3:** Các chuyên đề bồi dưỡng học sinh giỏi Hóa học 12.

Hi vọng rằng với cách trình bày xúc tích, dễ hiểu và khai thác được mọi khía cạnh kiến thức theo từng chuyên đề sẽ giúp cho học sinh nhanh chóng lĩnh hội được nguồn tri thức phong phú về hóa học. Từ đó, phát triển năng lực tư duy và óc thông minh, sáng tạo của học sinh.

Mặc dù đã hết sức cố gắng trong quá trình biên soạn, nhưng bộ sách vẫn khó tránh khỏi những thiếu sót nhất định. Các tác giả rất mong nhận được ý kiến đóng góp của các thầy, cô giáo và các em học sinh gần xa để lần tái bản cuốn sách sẽ được hoàn thiện hơn.

**Các tác giả**





A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

I. Thành phần cấu tạo của nguyên tử

Đặc tính hạt	Vỏ nguyên tử	Hạt nhân	
	electron (e)	proton (p)	notron (n)
Điện tích (q)	$q_e = - 1,602. 10^{-19}C$ hay $q_e = 1 -$	$q_p = 1,602. 10^{-19}C$ hay $q_p = 1 +$	$q_n = 0$
Khối lượng (m)	$m_e = 9,1094. 10^{-31}kg$	$m_p = 1,6726. 10^{-27}kg$	$m_n = 1,6748. 10^{-27}kg$

II. Kích thước, khối lượng nguyên tử

1. Kích thước

- Nguyên tử được xem như một khối cầu, đường kính độ  $0,1nm = 1A^0 = 10^{-10}m$ . Nguyên tử nhỏ nhất là H có bán kính khoảng  $0,053\text{ nm}$ .
- Hạt nhân nguyên tử xem như một khối cầu, đường kính khoảng  $10^{-4} A^0$ .
- Đường kính của hạt nhân nguyên tử còn nhỏ hơn, vào khoảng  $10^{-5} \text{ nm}$ .
- Đường kính của electron và của proton còn nhỏ hơn nhiều (khoảng  $10^{-8} \text{ nm}$ ). Electron chuyển động xung quanh hạt nhân trong không gian rỗng của nguyên tử.

2. Khối lượng nguyên tử

- Điện tích của proton và electron có trị số trị số tuyệt đối bằng nhau. Nhưng khối lượng của proton gấp 1836 lần khối lượng của electron.
- Khối lượng của nguyên tử bằng tổng số khối lượng của proton, notron và electron:

$m_{NT} = m_p + m_n + m_e$

Nhưng vì khối lượng electron quá nhỏ so với khối lượng proton, nên ta xem như khối lượng nguyên tử gần bằng tổng số khối lượng proton và notron.

III. Hạt nhân nguyên tử

1. Điện tích hạt nhân

Nếu hạt nhân có Z proton, thì điện tích của hạt nhân bằng Z+ và số đơn vị điện tích hạt nhân bằng Z.

Nguyên tử trung hoà điện nên số proton trong hạt nhân bằng số electron của nguyên tử.

Vậy: Số đơn vị điện tích hạt nhân = số proton = số electron

2. Số khối A. Bằng tổng số hạt proton (Z) và số notron (N).

$A = Z + N$



**Chú ý:** - Đối với những nguyên tử có  $2 < Z \leq 82$  thì  $1 \leq \frac{N}{Z} \leq 1,5$  (\*)

Biểu thức trên thường dùng để xác định Z, N và A khi biết tổng số hạt cơ bản trong nguyên tử (hoặc ion).

- Đối với cation:  $M \rightarrow M^{n+} + ne$

$$Z_M = Z_M^{n+}; N_M = N_M^{n+} \Rightarrow A_M = A_M^{n+}$$

$$\Sigma e_M = \Sigma e_M^{n+} + n$$

- Đối với anion:  $X \rightarrow X^{m-} + me$

$$Z_X = Z_X^{m-}; N_X = N_X^{m-} \Rightarrow A_X = A$$

$$\Sigma e_X = \Sigma e_X^{m-} - m$$

## IV. Nguyên tố hoá học

### 1. Định nghĩa

Nguyên tố hoá học là tập hợp các nguyên tử có cùng số điện tích hạt nhân.

### 2. Số hiệu nguyên tử

Số đơn vị điện tích hạt nhân nguyên tử của một nguyên tố được gọi là số hiệu nguyên tử của nguyên tố đó. Số hiệu nguyên tử (kí hiệu là Z) cho biết:

- Số proton trong hạt nhân nguyên tử.

- Số electron trong nguyên tử.

### 3. Kí hiệu nguyên tử

Nguyên tử của nguyên tố X có số hiệu nguyên tử Z và số khối A, được kí hiệu là  ${}_Z^AX$ .

## V. Đồng vị

### 1. Định nghĩa

Các đồng vị của cùng một nguyên tố hoá học là những nguyên tử có cùng số proton nhưng khác số neutron, do đó số khối A của chúng khác nhau.

### 2. Nguyên tử khối và nguyên tử khối trung bình

• Nguyên tử khối của một nguyên tử cho biết khối lượng của nguyên tử đó nặng gấp bao nhiêu lần đơn vị khối lượng nguyên tử.

• Hầu hết các nguyên tố hoá học là hỗn hợp của nhiều đồng vị với tỉ lệ phần trăm số nguyên tử xác định, nên nguyên tử khối của các nguyên tố có nhiều đồng vị là nguyên tử khối trung bình của hỗn hợp các đồng vị có tính đến tỉ lệ phần trăm số nguyên tử của mỗi đồng vị.

Giả sử nguyên tố A có hai đồng vị  $A_1$  và  $A_2$ . Gọi  $\bar{A}$  là nguyên tử khối trung bình,  $A_1$  là nguyên tử khối của đồng vị  $A_1$ ,  $x_1$  là tỉ lệ phần trăm số nguyên tử của đồng vị  $A_1$ ;  $A_2$  là nguyên tử khối của đồng vị  $A_2$ ,  $x_2$  là tỉ lệ phần trăm số nguyên tử đồng vị  $A_2$ .

$$\text{Ta có: } \bar{A} = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2}{100}$$

$$\text{Tổng quát: } \bar{A} = \frac{x_1 A_1 + x_2 A_2 + \dots + x_n A_n}{100} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i A_i}{100}$$

## VI. Vỏ nguyên tử

### 1. Sự chuyển động của electron trong nguyên tử

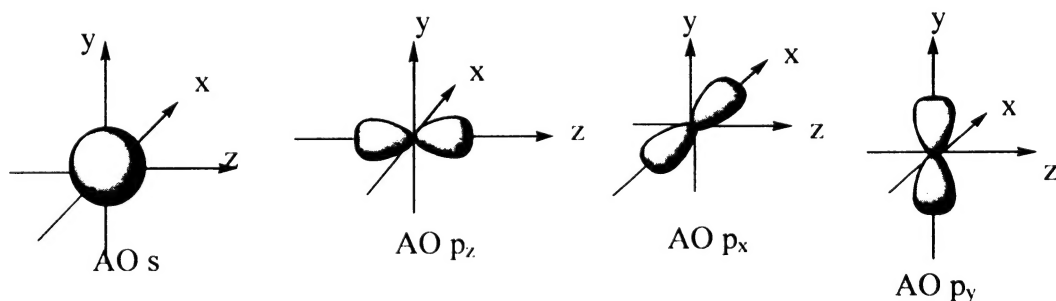
Trong nguyên tử, các electron chuyển động rất nhanh xung quanh hạt nhân không theo một quỹ đạo xác định nào. Vì chuyển động rất nhanh nên electron tạo thành quanh hạt nhân một vùng không gian mang điện âm gọi là mây electron hay obitan nguyên tử.

### 2. Obitan

Obitan nguyên tử là khu vực không gian xung quanh hạt nhân mà tại đó xác suất có mặt (xác suất tìm thấy) electron khoảng 90%. Obitan nguyên tử được kí hiệu là AO (Atomic Orbital).

### 3. Hình dạng obitan nguyên tử

Khi chuyển động trong nguyên tử, các electron có thể chiếm những mức năng lượng khác nhau đặc trưng cho trạng thái chuyển động của nó. Những electron chuyển động gần hạt nhân hơn, chiếm những mức năng lượng thấp hơn tức là ở trạng thái bên hơn, những electron chuyển động ở xa hạt nhân có năng lượng cao hơn. Dựa trên sự khác nhau về trạng thái của electron trong nguyên tử, người ta phân loại thành các obitan s, obitan p, obitan d và obitan f. Hình dạng các obitan s và p được biểu diễn trên hình sau:



Từ hình ảnh các obitan nguyên tử, chúng ta thấy:

*Obitan s* có dạng hình cầu, tâm là hạt nhân nguyên tử

*Obitan p* gồm 3 obitan  $p_x$ ,  $p_y$  và  $p_z$  có dạng hình số tám nổi. Mỗi obitan có sự định hướng khác nhau trong không gian.

*Obitan d, f* có hình dạng phức tạp hơn.

### 4. Lớp và phân lớp electron

#### a) Lớp electron

Trong nguyên tử, các electron được sắp xếp thành từng lớp, các lớp được sắp xếp từ gần hạt nhân ra ngoài.



Các electron trên cùng một lớp có *năng lượng gần bằng nhau*. Những electron ở lớp trong liên kết với hạt nhân bền chặt hơn những electron ở lớp ngoài. Do đó, năng lượng của electron ở lớp trong thấp hơn năng lượng của electron ở lớp ngoài. Vì vậy, năng lượng của electron chủ yếu phụ thuộc vào số thứ tự của lớp.

Thứ tự các lớp electron được ghi bằng các số nguyên  $n = 1, 2, 3, \dots, 7$

n	1	2	3	4	5	6	7
Tên lớp	K	L	M	N	O	P	Q

Theo trình tự sắp xếp trên, lớp K ( $n=1$ ) là lớp gần hạt nhân nhất. Năng lượng của electron trên lớp này là thấp nhất. Sự liên kết giữa electron trên lớp này với hạt nhân là bền chặt nhất, rồi tiếp theo là những electron của lớp ứng với  $n$  lớn hơn có năng lượng cao hơn.

Số electron tối đa trong mỗi lớp được xác định bởi công thức  $2n^2$  với  $1 \leq n \leq 4$  ( $n$  là số thứ tự của lớp).

Vậy:

Lớp K ( $n = 1$ ) có tối đa  $2e$

Lớp L ( $n = 2$ ) có tối đa  $8e$

Lớp M ( $n = 3$ ) có tối đa  $16e$

Lớp N ( $n = 4$ ) có tối đa  $32e$

Các lớp O, P, Q cũng tối đa  $32e$ .

### b) Phân lớp electron

Mỗi lớp electron phân chia thành các phân lớp được kí hiệu bằng các chữ cái viết thường: s, p, d, f.

Các electron trên cùng một phân lớp có *năng lượng bằng nhau*.

Lớp thứ  $n$  có  $n$  phân lớp ( $1 \leq n \leq 4$ ). Các lớp có  $n \geq 5$  có 4 phân lớp.

Electron ở phân lớp nào thì gọi tên theo phân lớp đó.

Số electron tối đa trong phân lớp như sau:

\* Phân lớp s có tối đa  $2e$ , kí hiệu  $s^2$

\* Phân lớp p có tối đa  $6e$ , kí hiệu  $p^6$

\* Phân lớp d có tối đa  $10e$ , kí hiệu  $d^{10}$

\* Phân lớp f có tối đa  $14e$ , kí hiệu  $f^{14}$

Các phân lớp:  $s^2$ ,  $p^6$ ,  $d^{10}$  và  $f^{14}$  có đủ số electron tối đa gọi là *phân lớp bão hoà*. Còn phân lớp chưa đủ số electron tối đa gọi là *phân lớp chưa bão hoà*. Thí dụ các phân lớp  $s^1$ ,  $p^3$ ,  $d^7$ ,  $f^{12}$ , ...

## VI. Năng lượng của các electron trong nguyên tử và cấu hình electron nguyên tử

### 1. Năng lượng của electron trong nguyên tử

#### a) Mức năng lượng obitan nguyên tử

Trong nguyên tử, các electron trên mỗi obitan có một năng lượng xác định. Người ta gọi mức năng lượng này là *mức năng lượng obitan nguyên tử* (mức năng lượng AO).

Các electron trên các obitan khác nhau của cùng một phân lớp có năng lượng như nhau. Thí dụ: Ứng với  $n = 2$ , ta có hai phân lớp 2s và 2p. Phân lớp 2s chỉ có một obitan 2s, còn phân lớp 2p có 3 obitan:  $2p_x$ ,  $2p_y$ ,  $2p_z$ . Các electron của các obitan p trong phân lớp này tuy có sự định hướng trong không gian khác nhau, nhưng chúng có cùng mức năng lượng AO.

### b) Trật tự các mức năng lượng obitan nguyên tử

Thực nghiệm và lí thuyết cho thấy khi số hiệu nguyên tử  $Z$  tăng, các mức năng lượng AO tăng dần theo trình tự sau:

1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d 7p 6f 7d 7f

Từ trình tự mức năng lượng AO trên cho thấy khi điện tích hạt nhân tăng có sự *chèn mức* năng lượng, mức 4s trở nên thấp hơn 3d, mức 5s thấp hơn 4d, 6s thấp hơn 4f, 5d, ...

## 2. Các nguyên lí và qui tắc phân bố electron trong nguyên tử

### a) Nguyên lí Pau-li

#### • Ô lượng tử

Để biểu diễn obitan nguyên tử một cách đơn giản, người ta còn dùng ô vuông nhỏ, được gọi là ô lượng tử. Một ô lượng tử ứng với một AO.

#### • Nguyên lí Pau-li

*Trên một obitan chỉ có thể có nhiều nhất hai electron và hai electron này chuyển động tự quay khác chiều nhau xung quanh trục riêng của mỗi electron.*

Thí dụ:



Phù hợp nguyên lí Pau - li



Không phù hợp nguyên lí Pau - li



Trong một obitan đã có 2 electron, thì 2 electron đó được gọi là *electron ghép đôi*. Khi obitan chỉ có 1 electron thì electron đó gọi là *electron độc thân*.

### b) Nguyên lí vững bền

*Ở trạng thái cơ bản, trong nguyên tử các electron chiếm lần lượt những obitan có mức năng lượng từ thấp đến cao.* Thí dụ:

Nguyên tử hiđro ( $Z = 1$ ) có 1 electron, electron này sẽ chiếm obitan 1s (AO-1s) có mức năng lượng thấp nhất. Do đó có thể biểu diễn sự phân bố electron của nguyên tử hiđro là:

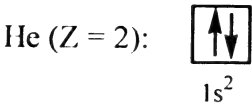
H ( $Z = 1$ ):



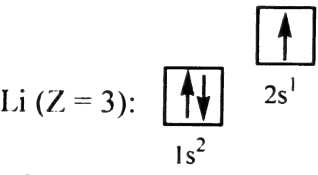
1s<sup>1</sup>



Nguyên tử heli ( $Z = 2$ ) có 2 electron. Theo nguyên lí Pau-li, hai electron này cùng chiếm obitan 1s có mức năng lượng thấp nhất. Bởi vậy sự phân bố electron trên obitan của heli là:

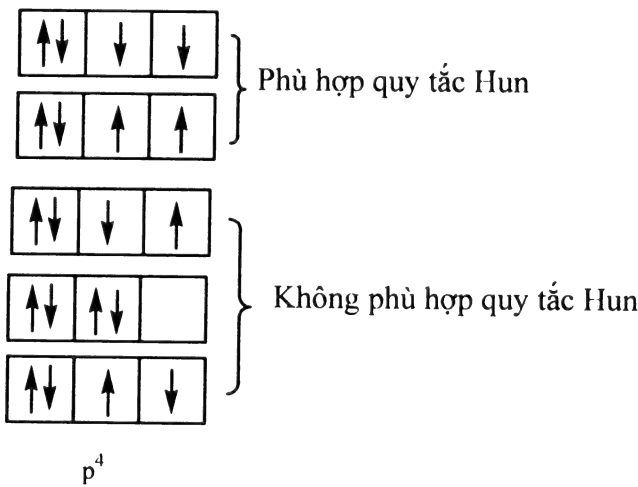


Nguyên tử liti ( $Z = 3$ ) có 3 electron, 2 electron trước chiếm obitan 1s và đã bão hoà, electron còn lại chiếm obitan 2s tiếp theo có mức năng lượng cao hơn. Do đó sự phân bố electron trên các obitan của liti là:



**c) Quy tắc Hun**

Trong cùng một phân lớp, các electron sẽ phân bố trên các obitan sao cho số electron độc thân là tối đa và các electron này phải có chiều tự quay giống nhau. Thí dụ:



**3. Cấu hình electron nguyên tử**

**a) Cấu hình electron nguyên tử**

Cấu hình electron nguyên tử biểu diễn sự phân bố electron trên các phân lớp thuộc các lớp khác nhau.

Quy ước cách viết cấu hình electron nguyên tử:

- Số thứ tự lớp electron được viết bằng các chữ số (1, 2, 3, ...)
- Phân lớp được kí hiệu bằng chữ cái thường (s, p, d, f)
- Số electron được ghi bằng chỉ số ở phía trên, bên phải của phân lớp.

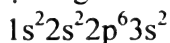
Cách viết cấu hình electron nguyên tử

- Xác định số electron của nguyên tử
- Các electron được phân bố theo thứ tự tăng dần các mức năng lượng AO, theo các nguyên lí và quy tắc phân bố electron trong nguyên tử (đối với các nguyên tử không có phân lớp d hoặc f thì thứ tự tăng dần mức năng lượng trùng với cấu hình electron).
- Viết cấu hình electron theo thứ tự các phân lớp trong một lớp và theo thứ tự các lớp electron.

*Thí dụ:*

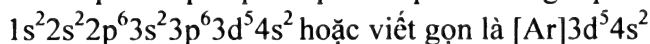
- Mg ( $Z = 12$ )

Thứ tự tăng dần mức năng lượng  $\equiv$  cấu hình electron



- Mn ( $Z = 25$ ): Do sự chèn mức năng lượng, các electron được phân bố như sau:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^5$

Sau đó phải sắp xếp các phân lớp theo từng lớp  $\Rightarrow$  Cấu hình electron



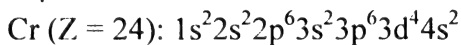
[Ar] là cấu hình electron nguyên tử của nguyên tố argon, là khí hiếm gần nhất đứng trước Mn.

*Chú ý:*

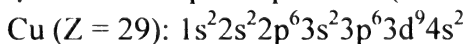
1. Cần hiểu electron lớp ngoài cùng theo cấu hình electron chứ không phải theo thứ tự tăng dần mức năng lượng.
2. Đối với một số nguyên tố nhóm phụ (nhóm B), khi trên phân lớp d sát lớp ngoài cùng có 4 electron hoặc 9 electron thường xảy ra hiện tượng "bán bão hòa gấp" hoặc "bão hòa gấp". Tức là 1 electron trên phân lớp ns chuyển vào phân lớp  $(n-1)d$  để làm bền phân lớp này.

Bán bão hoà gấp	Bão hoà gấp
$  \begin{array}{l}  ns^2(n-1)d^4 \begin{cases} \rightarrow (n-1)d^5 ns^1 \\ \cancel{\rightarrow (n-1)d^4 ns^2} \end{cases}  \end{array}  $	$  \begin{array}{l}  ns^2(n-1)d^9 \begin{cases} \rightarrow (n-1)d^{10} ns^1 \\ \cancel{\rightarrow (n-1)d^9 ns^2} \end{cases}  \end{array}  $

*Thí dụ:*



Thực tế:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$  (do hiện tượng "bán bão hòa gấp")



Thực tế:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$  (do hiện tượng "bão hòa gấp")

3. Cấu hình electron còn mở rộng cho cả ion, khi đó để viết cấu hình electron của ion, ta phải xuất từ cấu hình electron của nguyên tử, bằng cách bớt đi (cation) hoặc nhận vào (anion) số electron đúng bằng điện tích của ion.

*Thí dụ:* Cl ( $Z = 17$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \Rightarrow Cl^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

Fe ( $Z = 26$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 \Rightarrow Fe^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$

### **b) Đặc điểm của lớp electron ngoài cùng**

Các electron ở lớp ngoài cùng quyết định tính chất hoá học của một nguyên tố.

- Đối với nguyên tử của các nguyên tố, số electron lớp ngoài cùng tối đa là 8. Các nguyên tử có 8 electron lớp ngoài cùng đều rất bền vững, chúng hầu như không tham gia vào các phản ứng hoá học. Đó là các khí hiếm (trừ He có số electron lớp ngoài cùng là 2).

- Các nguyên tử có 1, 2, 3 electron ở lớp ngoài cùng là các nguyên tử kim loại (trừ H, He và B).

- Các nguyên tử có 5, 6, 7 electron ở lớp ngoài cùng thường là các nguyên tử phi kim.

## **VII. Các số lượng tử**

Người ta dùng 4 số lượng tử:  $n, l, m, s$  để đặc trưng cho trạng thái của electron trong nguyên tử.

### **1. Số lượng tử chính ( $n$ )**

- Có giá trị nguyên dương, quy định mức năng lượng của electron và kích thước của obitan. Nếu  $n$  có giá trị càng nhỏ thì electron liên kết với hạt nhân càng mạnh và ngược lại.

- Năng lượng của electron được xác định theo phương pháp gần đúng Slater:

• Nguyên tử hoặc ion có 1 electron:

$$E = -13,6 \cdot \frac{Z^2}{n^2} \text{ (eV)}$$

Với  $Z$  là điện tích hạt nhân hay số hiệu nguyên tử.

Chú ý  $1\text{eV} = 1,6022 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

$n$  là số lượng tử chính

*Thí dụ:* Tính năng lượng của electron trong nguyên tử H theo phương pháp Slater.

$$H (Z = 1): 1s^1 \Rightarrow E_{1s} = -13,6 \cdot \frac{1^2}{1^2} = -13,6 \text{ eV}$$

• Nguyên tử hoặc ion có nhiều electron:

- Trong nguyên tử hoặc ion có nhiều electron thì các electron ở lớp vỏ chịu sự tương tác của hạt nhân và của các electron khác. Electron cần xét bị hạt nhân hút và các electron còn lại đẩy, dẫn đến sự liên kết của electron đó với hạt nhân giảm.

- Năng lượng của electron được xác định bằng công thức gần đúng Slater:

$$E = -13,6 \frac{Z_{*}^2}{n_{*}^2} \text{ (eV)}$$

Trong đó:  $Z^*$  là điện tích hạt nhân hiệu dụng

$$Z^* = Z - A$$

Với  $A$  là hằng số chắn:  $A = \sum b_j$

$n^*$  là số lượng tử hiệu dụng

$n$	1	2	3	4	5	6.....
$n^*$	1	2	3	3,7	4	4,2.....

Hằng số chắn  $A$  được xác định bởi bảng sau:

	Các $e_j$ gây ảnh hưởng trên các lớp $(n-2), (n-3), \dots$	Các $e_j$ gây ảnh hưởng trên lớp $(n-1)$	Các $e_j$ trên lớp $n$ đang xét			Các $e_j$ gây ảnh hưởng trên lớp $(n+1), (n+2), \dots$
			s, p	d	f	
Giá trị	1,0	0,85	0,35	0	0	0
	1,0	1,0	1,0	0,35	0	0
	1,0	1,0	1,0	1,0	0,35	0

Riêng  $AO_{1s}$  thì  $b = 0,3$

*Thí dụ:* Áp dụng phương pháp gần đúng Slater, tính năng lượng electron trong các trường hợp sau:

a) He ( $Z = 2$ )

b) N ( $Z = 7$ )

c) Fe ( $Z = 26$ )

***Giải***

a) He ( $Z = 2$ ):  $1s^2 \Rightarrow b = 1,0, 3 = 0,3 ; Z^* = 2 - 0,3 = 1,7$

$$\Rightarrow E_{1s} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{1,7^2}{1^2} = -39,304 \text{ (eV)}$$

b) N ( $Z = 7$ ):  $1s^2 2s^2 2p^3$

Ta có:

- Đối với electron  $1s$ :  $b = 0,3 \Rightarrow Z^* = 7 - 0,3 = 6,7$

$$\Rightarrow E_{1s} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{6,7^2}{1^2} = -610,504 \text{ (eV)}$$

- Đối với electron  $2s$  hoặc  $2p$ :  $b = 2 \cdot 0,85 + 4 \cdot 0,35 = 3,1 \Rightarrow Z^* = 7 - 3,1 = 3,9$

$$\Rightarrow E_{2s} = E_{2p} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{3,9^2}{2^2} = -51,714 \text{ (eV)}$$

c) Fe ( $Z = 26$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

Ta có:

- Đối với electron  $1s$ :  $b = 0,3 \Rightarrow Z^* = 26 - 0,3 = 25,7$

$$\Rightarrow E_{1s} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{25,7^2}{1^2} = -8982,664 \text{ (eV)}$$

- Đối với electron  $2s$  hoặc  $2p$ :  $b = 2 \cdot 0,85 + 7 \cdot 0,35 = 4,15$

$$\Rightarrow Z^* = 26 - 4,15 = 21,85$$

$$\Rightarrow E_{2s} = E_{2p} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{21,85^2}{2^2} = -1623,2365 \text{ (eV)}$$

$$\text{- Đối với electron } 3s \text{ hoặc } 3p: b = 2.1,0 + 8.0,85 + 7.0,35 = 11,25$$

$$\Rightarrow Z^* = 26 - 11,25 = 14,75$$

$$\Rightarrow E_{3s} = E_{3p} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{14,75^2}{3^2} = -328,761 \text{ (eV)}$$

$$\text{- Đối với electron } 3d: b = 18.1,0 + 5.0,35 = 19,75 \Rightarrow Z^* = 26 - 19,75 = 6,25$$

$$\Rightarrow E_{3d} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{6,25^2}{3^2} = -59,02 \text{ (eV)}$$

$$\text{- Đối với electron } 4s: b = 10.1,0 + 14.0,85 + 1.0,35 = 22,25$$

$$\Rightarrow Z^* = 26 - 22,25 = 3,75$$

$$\Rightarrow E_{4s} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{3,75^2}{4^2} = -11,95 \text{ (eV)}$$

## 2. Số lượng tử phụ $l$

- Trong một lớp,  $l$  có giá trị từ 0 đến  $(n - 1)$ . Như vậy, ứng với một giá trị của  $n$  sẽ có  $n$  giá trị của  $l$ .

$l$	0	1	2	3	4	5
Kí hiệu	s	p	d	f	g	h

- Giá trị  $l$  cho biết:

+ Hình dạng AO (sự định hướng AO trong không gian). Thí dụ:

$l = 0 \Rightarrow$  Không có sự định hướng trong không gian (ứng với  $AO_s$ )

$l = 1 \Rightarrow$  Có một sự định hướng trong không gian (ứng với  $AO_p$ )

$l = 2 \Rightarrow$  Có 2 sự định hướng trong không gian (ứng với  $AO_d$ )

+ Giá trị năng lượng electron trong phân lớp

+ Nguyên tử thuộc khối nguyên tố nào. Nếu electron cuối cùng (điền theo mức năng lượng các AO) có  $l = 0$  (khối nguyên tố s) ;  $l = 1$  (khối nguyên tố p) ;  $l = 2$  (khối nguyên tố d) ;  $l = 3$  (khối nguyên tố f)

## 3. Số lượng tử từ $m$ (hoặc $m_l$ )

- Trong một phân lớp  $m$  nhận giá trị từ  $-l$  đến  $+l$ . Như vậy, ứng với một giá trị của  $l$  có  $2l + 1$  giá trị của  $m$ .

- Mỗi giá trị của  $m$  ứng với một obitan:

+  $l = 0 \Rightarrow m = 0 \Rightarrow$  Có 1  $AO_s$

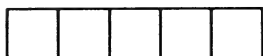
+  $l = 1 \Rightarrow m$  có 3 giá trị  $-1$  ;  $0$  ;  $+1 \Rightarrow$  Có 3  $AO_p$

--	--	--

$m:$      $-1$      $0$      $+1$

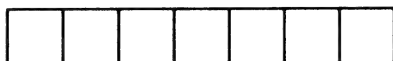


$+l = 2 \Rightarrow m$  có 5 giá trị  $-2 ; -1 ; 0 ; +1 ; +2 \Rightarrow$  Có 5  $AO_d$



$m: \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad +1 \quad +2$

$+l = 3 \Rightarrow m$  có 7 giá trị  $-3 ; -2 ; -1 ; 0 ; +1 ; +2 ; +3 \Rightarrow 7 AO_f$



$m: \quad -3 \quad -2 \quad -1 \quad 0 \quad +1 \quad +2 \quad +3$

#### 4. Số lượng tử spin $S$ (hoặc $m_s$ )

Cho biết chiều tự quay của electron (có thể xem spin như sự tự quay của electron xung quanh một trục tưởng tượng).

+ Nếu electron chuyển động theo chiều dương (theo chiều kim đồng hồ) thì

$$S = +1/2$$

+ Nếu electron chuyển động theo chiều âm (ngược chiều kim đồng hồ) thì

$$S = -1/2$$

Như vậy số lượng tử spin có hai giá trị:  $-1/2$  và  $+1/2$ .

### VIII. Phản ứng hạt nhân

#### 1. Năng lượng liên kết

##### a) Lực hạt nhân

Lực tương tác giữa các nuclôn (p, n) trong hạt nhân là lực hút gọi là lực hạt nhân, có tác dụng liên kết các nuclôn với nhau.

##### b) Độ hụt khối và năng lượng liên kết

\*) Độ hụt khối:

- Các phép đo chính xác đã chứng tỏ rằng khối lượng  $m$  của hạt nhân  ${}^A_ZX$  bao giờ cũng nhỏ hơn khối lượng  $\Delta m$  so với các nuclôn tạo thành hạt nhân đó.

$$\Delta m = [Z.m_p + (A-Z).m_n] - m$$

$\Delta m$  gọi là độ hụt khối của hạt nhân  ${}^A_ZX$ .

\*) Năng lượng liên kết

- Theo "Thuyết tương đối" của Anhtanh, các nuclôn ban đầu có năng lượng:

$$E_0 = [Z.m_p + (A-Z).m_n].c^2$$

c: vận tốc ánh sáng trong chân không ( $c = 3.10^8$  m/s).

Còn hạt nhân được tạo thành từ chúng có năng lượng  $E = m.c^2$

Vì năng lượng toàn phần được bảo toàn nên đã có năng lượng:  $\Delta E = E_0 - E = \Delta m.c^2$  toả ra khi các nuclôn kết hợp thành hạt nhân  ${}^A_ZX$ .

Ngược lại, muốn tách hạt nhân  ${}^A_ZX$  thành các nuclôn riêng rẽ thì phải tiêu tốn một năng lượng bằng  $\Delta E$  để thắng lực tương tác với chúng.  $\Delta E$  càng lớn thì lực liên kết giữa các nuclôn càng mạnh. Vì vậy, đại lượng  $\Delta E = \Delta m.c^2$  được gọi là năng lượng liên kết các nuclôn trong hạt nhân  ${}^A_ZX$ , gọn hơn là năng lượng liên kết.

## 2. Các tia phóng xạ

### a) Các loại tia phóng xạ

Có 3 loại tia phóng xạ phổ biến:

- Phóng xạ  $\alpha$  (hay phân rã  $\alpha$ ).
- Phóng xạ  $\beta$  (hay phân rã  $\beta$ ).
- Phóng xạ  $\gamma$

### b) Bản chất của tia phóng xạ

\*) Tia  $\alpha$ : Chính là chùm hạt  ${}^4_2\text{He}$  được phóng ra từ hạt nhân với vận tốc  $2.10^7$  m/s.

\*) Tia  $\beta$ : Có hai loại: tia  $\beta^-$  (phổ biến) chính là chùm hạt electron (kí hiệu  ${}^0_{-1}\text{e}$  hay  $\text{e}^-$ ) và tia  $\beta^+$  (hiếm hơn) chính là các pozitron, hay electron dương (kí hiệu  ${}^0_{+1}\text{e}$  hay  $\text{e}^+$ ) có cùng khối lượng như electron nhưng mang điện dương.

\*) Tia  $\gamma$ : Là sóng điện từ, có bước sóng rất ngắn, nhỏ hơn  $10^{-11}$  m cũng là hạt photon có năng lượng cao.

## 3. Định luật phóng xạ và độ phóng xạ

### a) Định luật phóng xạ

Giả sử ở thời điểm xác định nào đó, chọn  $t = 0$ , khối lượng của chất phóng xạ là  $m_0$  và số hạt nhân là  $N_0$ , trong quá trình phóng xạ, số hạt nhân sẽ giảm theo thời gian, thực nghiệm đã chứng tỏ rằng cứ sau khoảng thời gian xác định  $T$  thì  $1/2$  số hạt nhân hiện có bị phân rã thành hạt nhân khác.  $T$  gọi là chu kỳ bán rã

$\Rightarrow$  Sau  $T$ ;  $2T$ ;  $3T$ , ...,  $KT$  ( $K \in \mathbb{N}^*$ ) số hạt nhân (số nguyên tử)  $N$  chưa bị phân rã là  $\frac{N_0}{2}; \frac{N_0}{4}; \frac{N_0}{8}; \frac{N_0}{16}, \dots \Rightarrow N_t = \frac{N_0}{2^{\frac{t}{T}}} = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$  (1)

Trong đó:  $N_t$ : Số hạt nhân còn lại sau thời gian  $t$  phân rã.

$N_0$ : Số hạt nhân ban đầu

$T$ : Chu kỳ bán rã

$t$ : Thời gian phân rã

$$\text{Ta có: } 2^{-\frac{t}{T}} = e^{-\frac{\ln 2}{T} \cdot t} = e^{-\frac{0,693t}{T}} = e^{-kt}$$

$$\text{Với } k = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T} = \frac{0,693}{t_{1/2}} \text{ là hằng số phóng xạ}$$

$$(1) \Rightarrow N_t = N_0 \cdot e^{-kt} \quad (2)$$

Các biểu thức (1) và (2) biểu thị định luật phóng xạ.

### b) Độ phóng xạ

Để đặc trưng cho tính phóng xạ mạnh hay yếu của một chất, người ta dùng đại lượng gọi là độ phóng xạ, được xác định bằng số phân rã trong một giây, kí hiệu là  $H$ .

$$H = -\frac{\Delta N}{\Delta t} = \lambda N_0 e^{-kt} = \lambda N \text{ hay: } H = H_0 \cdot e^{-kt}$$

Ở đây  $H_0 = kN_0$  gọi là độ phóng xạ ban đầu ( $t = 0$ ).

Đơn vị: Becoren, kí hiệu Bq:  $1\text{Bq} = 1$  phân rã/giây

Thực tế, người ta còn dùng đơn vị là Curi (Ci):  $1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

#### 4. Phản ứng hạt nhân

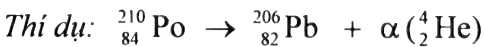
##### a) Khái niệm

Là phản ứng làm thay đổi hạt nhân nguyên tố này thành hạt nhân nguyên tố khác, đồng thời giải phóng năng lượng lớn và có thể kèm theo một số hạt cơ bản khác như:  ${}_0^1\text{n}$ ,  ${}_{-1}^0\text{e}$ ,  ${}_{+1}^0\text{e}$ ,  ${}_2^4\text{He}$ , ... Phản ứng hạt nhân thường được chia làm hai loại:

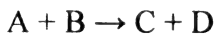
\* Phản ứng tự phân rã của một hạt nhân không bền vững thành các hạt khác.



(hạt nhân mẹ) (hạt nhân con) (hạt  $\alpha$  hoặc  $\beta$ )



\* Phản ứng trong đó các hạt nhân tương tác với nhau dẫn đến sự biến đổi chúng thành các hạt khác.



Trong đó: A, B là các hạt tương tác

C, D là các hạt sản phẩm

##### b) Các định luật bảo toàn trong phản ứng hạt nhân

\* Định luật bảo toàn số khối A: Trong phản ứng hạt nhân, tổng số nuclôn của các hạt tương tác bằng tổng số nuclôn của các hạt sản phẩm.

\* Định luật bảo toàn điện tích: Tổng đại số các điện tích của các hạt tương tác bằng tổng đại số các điện tích của các hạt sản phẩm. Bảo toàn điện tích cũng là bảo toàn số Z.

\* Định luật bảo toàn năng lượng toàn phần (bao gồm động năng và năng lượng nghỉ): Tổng năng lượng toàn phần của các hạt tương tác bằng tổng năng lượng toàn phần của các hạt sản phẩm.

Chú ý: Trong phản ứng hạt nhân không có định luật bảo toàn khối lượng.

##### c) Năng lượng trong phản ứng hạt nhân

Trong mỗi phản ứng hạt nhân, năng lượng có thể bị hấp thụ hoặc được toả ra mặc dù năng lượng toàn phần (bao gồm động năng và năng lượng nghỉ) được bảo toàn.

Xét phản ứng hạt nhân:  $A + B \rightarrow C + D$

Tổng số nuclôn trong phản ứng được bảo toàn nhưng vì các hạt nhân A, B, C, D có độ hụt khối khác nhau nên tổng khối lượng nghỉ:  $m_0 = m_A + m_B$  của các hạt nhân A và B không bằng tổng năng lượng nghỉ  $m = m_C + m_D$  của các hạt sinh ra C và D. Có thể xảy ra hai trường hợp sau:

\*  $m < m_0$ : Phản ứng toả năng lượng

$$\Delta E = (m_0 - m)c^2$$

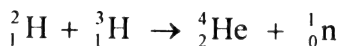
Năng lượng này ở dạng động năng của các hạt C và D hoặc là năng lượng của hạt  $\gamma$ .

\*  $m > m_0$ : Phản ứng thu năng lượng

$$\Delta E = (m - m_0)c^2$$

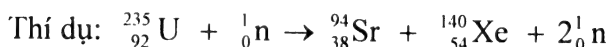
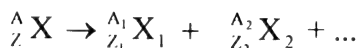
#### ***d) Hai loại phản ứng hạt nhân toả năng lượng***

\* Phản ứng nhiệt hạch: Hai hạt nhân rất nhẹ ( $A < 10$ ) như H, He, ... hợp lại thành hạt nhân nặng hơn. Thí dụ:



Toả ra một năng lượng khoảng 18 MeV.

\* Phản ứng phân hạch: Là phản ứng mà một hạt nhân nặng vỡ thành hai mảnh nhẹ hơn.



Phản ứng trên toả ra một năng lượng khoảng 185 MeV.

## **B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP**

### ***DẠNG 1: BÀI TẬP VỀ MỐI QUAN HỆ GIỮA CÁC HẠT VÀ CẤU HÌNH ELECTRON NGUYÊN TỬ HOẶC ION***

***Ví dụ 1.*** Nguyên tử của nguyên tố X có tổng số hạt cơ bản (notron, proton, electron) bằng 36.

- Xác định tên nguyên tố X.
- Viết cấu hình electron và sự phân bố electron vào các AO trong nguyên tử X.
- Áp dụng phương pháp gần đúng Slater, tính năng lượng electron trong nguyên tử X.

#### ***Giải***

a) Gọi  $Z_X$ ,  $N_X$  lần lượt là số proton và số notron của nguyên tử X. Ta có:

$$2Z_X + N_X = 36 \Rightarrow N_X = 36 - 2Z_X$$

$$\text{Từ điều kiện: } 1 \leq \frac{Z_X}{N_X} \leq 1,5 \Rightarrow \frac{36}{3} \leq Z_X \leq \frac{54}{4} \Rightarrow 12 \leq Z_X \leq 13,5$$

Do  $Z_X \in \mathbb{N}$  nên  $Z_X = 13$  hoặc  $Z_X = 12$  (Mg)

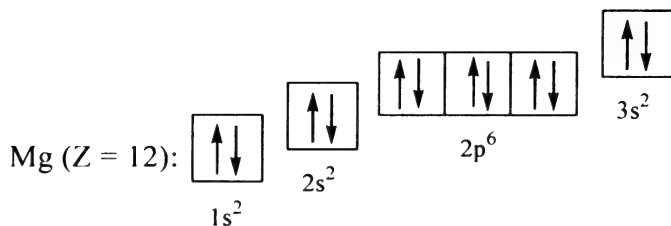
$$\bullet Z_X = 13 \Rightarrow N_X = 36 - 2 \cdot 13 = 10 \Rightarrow A_X = 13 + 10 = 23$$

(loại vì không có đồng vị  ${}_{11}^{26}\text{Na}$ )

$$\bullet Z_X = 12 \Rightarrow N_X = 36 - 2 \cdot 12 = 12 \Rightarrow A_X = 12 + 12 = 24 \text{ (nhận)} \Rightarrow X \text{ là magie (Mg).}$$

b) Cấu hình electron: Mg (Z=12):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

Sự phân bố electron vào các AO:



c) Năng lượng của các electron:

- Đối với electron 1s:  $b = 0,3 \Rightarrow Z^* = 12 - 0,3 = 11,7$

$$\Rightarrow E_{1s} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{11,7^2}{1^2} = -1861,704 \text{ (eV)}$$

- Đối với electron 2s hoặc 2p:  $b = 2,0,85 + 7,0,35 = 4,15$

$$\Rightarrow Z^* = 12 - 4,15 = 7,85$$

$$\Rightarrow E_{2s} = E_{2p} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{7,85^2}{2^2} = -209,5165 \text{ (eV)}$$

- Đối với electron 3s:  $b = 2,1,0 + 8,0,85 + 1,0,35 = 9,15$

$$\Rightarrow Z^* = 12 - 9,15 = 2,85$$

$$\Rightarrow E_{3s} = -13,6 \cdot \frac{Z^{*2}}{n^{*2}} = -13,6 \cdot \frac{2,85^2}{3^2} = -12,274 \text{ (eV)}$$

**Ví dụ 2:** Có cấu hình electron:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$  (\*)

Cấu hình (\*) là cấu hình electron của nguyên tử hay ion? Tại sao?

**Giải**

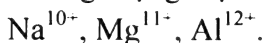
Là cấu hình electron của nguyên tử vì phân lớp d chưa bão hoà số electron nên thuộc cấu hình electron của kim loại chuyển tiếp. Thuộc kim loại chuyển tiếp thì ion không thể là anion. Nếu là cation thì không thể có cation nào của kim loại chuyển tiếp có phân lớp 4s bão hoà số electron.

**Ví dụ 3:** Năng lượng một electron ở lớp thứ n trong trường lực một hạt nhân tính

theo đơn vị eV bằng biểu thức:  $E_n = -13,6 \frac{Z^2}{n^2}$  (\*) (n: số lượng tử chính ; Z:

số đơn vị điện tích hạt nhân).

a) Tính năng lượng một electron trong trường lực một hạt nhân của mỗi hệ:



b) Cho biết quy luật liên hệ giữa  $E_n$  với Z. Giải thích tóm tắt quy luật đó.

c) Trị số năng lượng tính theo (\*) có liên hệ với năng lượng ion hoá không ?

Tính năng lượng ion hoá của mỗi hệ.

***Giải***

- a) Na ( $Z = 11$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow \text{Na}^{10+}: 1s^1$   
Mg ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow \text{Mg}^{11+}: 1s^1$   
Al ( $Z = 13$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1 \Rightarrow \text{Al}^{12+}: 1s^1$

Suy ra:

$$E_1(\text{Na}^{10+}) = -13,6 \cdot \frac{11^2}{1^2} = -1645,6 \text{ (eV)}$$

$$E_1(\text{Mg}^{11+}) = -13,6 \cdot \frac{12^2}{1^2} = -1958,4 \text{ (eV)}$$

$$E_1(\text{Al}^{12+}) = -13,6 \cdot \frac{13^2}{1^2} = -2298,4 \text{ (eV)}$$

b) Quy luật liên hệ giữa  $E_1$  và  $Z$ :

$Z$  càng tăng thì  $E_1$  càng âm (càng thấp). Quy luật này phản ánh lực hút hạt nhân tới electron được xét:  $Z$  càng lớn thì lực hút càng mạnh  $\Rightarrow$  năng lượng càng thấp  $\Rightarrow$  hệ càng bền, bền nhất là  $\text{Al}^{12+}$ .

c) Trị số năng lượng đó có liên hệ với năng lượng ion hoá, cụ thể:

$$\text{Na}^{10+} : I_{10} = -(E_1, \text{Na}^{10+}) = +1645,6 \text{ (eV)}$$

$$\text{Mg}^{11+} : I_{11} = -(E_1, \text{Mg}^{11+}) = +1958,4 \text{ (eV)}$$

$$\text{Al}^{12+} : I_{12} = -(E_1, \text{Al}^{12+}) = +2298,4 \text{ (eV)}$$

**Ví dụ 4:** Hợp chất M được tạo thành từ cation  $X^+$  (do 5 nguyên tử của 2 nguyên tố phi kim tạo nên) và anion  $Y^-$  (tạo bởi 4 nguyên tử của 2 nguyên tố phi kim). Tổng số proton trong  $X^+$  bằng 11 và trong  $Y^-$  là 31. Hãy xác định công thức phân tử của M.

***Giải***

Xét cation  $X^+ \equiv [A_x B_y]^+$

$$\text{Theo đề ra ta có hệ: } \begin{cases} x + y = 5 \\ Z_A \cdot x + Z_B \cdot y = 11 \end{cases} \Rightarrow \bar{Z} = \frac{11}{5} = 2,2$$

Giả sử  $Z_A < Z_B \Rightarrow 1 \leq Z_A < \bar{Z} < Z_B \Rightarrow Z_A = 1 \text{ (H)} \text{ và } Z_A = 2 \text{ (He) (loại)}$

Thay  $Z_A = 1$  vào hệ trên, ta rút ra:

$$Z_B = 1 + \frac{6}{y} \quad (1 \leq y \leq 4) \Rightarrow y = 1 \text{ và } Z_B = 7 \text{ (N)}$$

$$\Rightarrow x = 5 - 1 = 4 \Rightarrow \text{ion } X^+ \text{ là } \text{NH}_4^+$$

$$\text{Xét ion } Y^- \equiv [C_n D_m]^- \text{ tương tự ta có hệ: } \begin{cases} n + m = 4 \\ Z_C \cdot n + Z_D \cdot m = 31 \end{cases} \Rightarrow \bar{Z} = \frac{31}{4} = 7,75$$

Giả sử  $Z_C < Z_D \Rightarrow Z_C < 7,75 \Rightarrow C$  thuộc chu kì 2.

Do C là phi kim nên C chỉ có thể là B ( $Z_C = 5$ ); C ( $Z_C = 6$ ) hoặc N ( $Z_C = 7$ ).

**Biện luận:**

$$\bullet Z_C = 5 \Rightarrow Z_D = \frac{31 - 5n}{4 - n} = 5 + \frac{11}{4 - n} \Rightarrow 11 \text{ chia hết cho } 4 - n \quad (1 \leq n \leq 3)$$

$$\Rightarrow n = 3 \text{ và } Z_D = 16 \text{ (S)} \Rightarrow Y^- \text{ là } B_3S^- \text{ (loại)}$$

$$\bullet Z_C = 6 \Rightarrow Z_D = \frac{31 - 6n}{4 - n} = 6 + \frac{7}{4 - n} \Rightarrow n = 3 \text{ và } Z_D = 13 \text{ (Al)} \text{ (loại)}$$

$$\bullet Z_C = 7 \Rightarrow Z_D = \frac{31 - 7n}{4 - n} = 7 + \frac{3}{4 - n} \Rightarrow 3 \text{ chia hết cho } 4 - n \quad (1 \leq n \leq 3)$$

$$\Rightarrow n = 1 \text{ hoặc } n = 3$$

$$\text{Nếu } n = 1 \text{ thì } m = 3 \text{ và } Z_D = 8 \text{ (O)} \Rightarrow Y^- \text{ là } N_3O^- \text{ (loại)}$$

$$\text{Nếu } n = 3 \text{ thì } m = 1 \text{ và } Z_D = 8 \text{ (O)} \Rightarrow Y^- \text{ là } NO_3^- \text{ (nhận)}$$

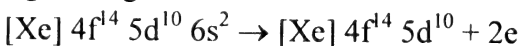
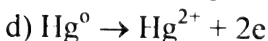
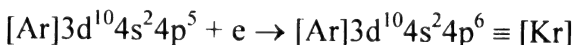
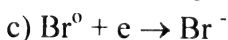
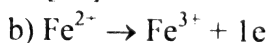
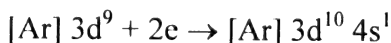
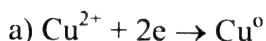
Hợp chất M là  $NH_4NO_3$

**Ví dụ 5:** Hãy viết phương trình hoá học và cấu hình electron tương ứng của chất đầu, sản phẩm trong mỗi trường hợp sau đây:

a)  $Cu^{2+}$  ( $Z = 29$ ) nhận thêm  $2e$                       b)  $Fe^{2+}$  ( $Z = 26$ ) nhường bớt  $1e$

c)  $Br^0$  ( $Z = 35$ ) nhận thêm  $1e$                       d)  $Hg^0$  ( $Z = 80$ ) nhường bớt  $2e$

**Giải**



Kí hiệu [Ar] chỉ cấu hình e của nguyên tử Ar ( $Z = 18$ )

[Kr]

Kr ( $Z = 36$ )

[Xe]

Xe ( $Z = 54$ )

**Ví dụ 6:** 1. Hãy dùng kí hiệu ô lượng tử biểu diễn các trường hợp số lượng electron trong một obitan nguyên tử.

2. Mỗi phân tử  $XY_3$  có tổng các hạt proton, neutron, electron bằng 196; trong đó, số hạt mang điện nhiều hơn số hạt không mang điện là 60, số hạt mang điện của X ít hơn số hạt mang điện của Y là 76.

a) Hãy xác định kí hiệu hoá học của X, Y và  $XY_3$ .



b) Viết cấu hình electron của nguyên tử X, Y.

c) Dựa vào phản ứng oxi hoá - khử và phản ứng trao đổi, hãy viết phương trình phản ứng (ghi rõ điều kiện, nếu có) các trường hợp xảy ra tạo thành  $XY_3$ .

### Giải

1. Có ba trường hợp:



hay



hay



Orbitan nguyên tử: trống

có 1e

có 2e

2. a) Kí hiệu số đơn vị điện tích hạt nhân của X là  $Z_X$ , Y là  $Z_Y$ ; số neutron (hạt không mang điện) của X là  $N_X$ , Y là  $N_Y$ . Với  $XY_3$ , ta có các phương trình:

$$\text{Tổng số ba loại hạt: } 2Z_X + 6Z_Y + N_X + 3N_Y = 196 \quad (1)$$

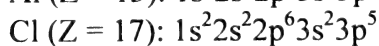
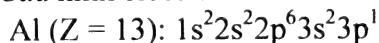
$$2Z_X + 6Z_Y - N_X - 3N_Y = 60 \quad (2)$$

$$6Z_Y - 2Z_X = 76 \quad (3)$$

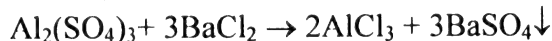
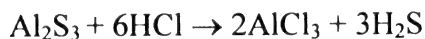
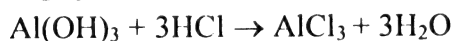
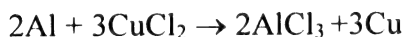
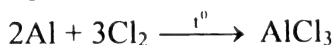
$$\text{Cộng (1) với (2) và nhân (3) với 2, ta có: } \begin{cases} 4Z_X + 12Z_Y = 256 \\ 12Z_Y - 4Z_X = 152 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_X = 13 \\ Z_Y = 17 \end{cases}$$

Vậy X là nhôm, Y là clo.  $XY_3$  là  $AlCl_3$ .

b) Cấu hình electron:



Các phương trình phản ứng tạo thành  $AlCl_3$ :



**Ví dụ 7:** Có cấu hình electron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1$  (1)

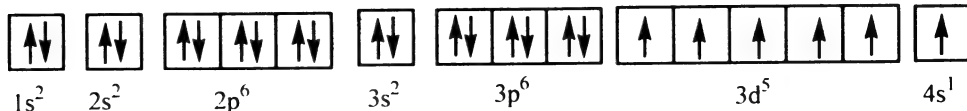
a) Dùng kí hiệu ô lượng tử biểu diễn cấu hình electron (1).

b) Cấu hình electron (1) là cấu hình electron của nguyên tử hay ion? Tại sao?

c) Cho biết tính chất hoá học đặc trưng của ion hay nguyên tử ứng với cấu hình electron (1), hãy viết một phương trình phản ứng để minh họa.

### Giải

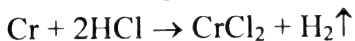
a) Dùng ô lượng tử biểu diễn cấu hình:



b) (1) là cấu hình electron của nguyên tử vì cấu hình d bán bão hoà nên thuộc kim loại chuyển tiếp (theo HTTH các nguyên tố). Thuộc kim loại chuyển tiếp thì ion không thể là anion; nếu là cation, số e = 24 thì Z có thể là 25, 26, 27 ... Không có cấu hình cation nào ứng với các số liệu này. Vậy Z chỉ có thể là 24.

(Nguyên tố Ga có cấu hình  $[Ar] 3d^{10}4s^24p^1$ , ion  $Ga^{2+}$  có cấu hình  $[Ar] 3d^{10}4s^1$  bền nên không thể căn cứ vào lớp ngoài cùng  $4s^1$  để suy ra nguyên tử).

c)  $Z = 24 \Rightarrow$  Nguyên tố Cr, kim loại (chuyển tiếp). Dạng đơn chất có tính khử.



**Ví dụ 7:** Biết  $E_n = -13,6 \cdot \frac{Z^2}{n^2}$  (n: số lượng tử chính, Z: số đơn vị điện tích hạt nhân).

a) Tính năng lượng 1e trong trường lực một hạt nhân của hệ  $N^{6+}$ ,  $C^{5+}$ ,  $O^{7+}$ .

b) Qui luật liên hệ giữa  $E_n$  với Z tính được ở trên phản ánh mối liên hệ nào giữa hạt nhân với electron trong các hệ đó ?

c) Trị số năng lượng tính được có quan hệ với năng lượng ion hoá của mỗi hệ trên hay không? Tính năng lượng ion hoá của mỗi hệ.

### Giải

a) Theo đầu bài, n phải bằng 1 nên ta tính  $E_1$ .

Do đó công thức là  $E_1 = -13,6 Z^2$  (eV) (2')

Thứ tự theo trị số Z:

$$Z = 6 \Rightarrow C^{5+}: (E_1) C^{5+} = -13,6 \cdot 6^2 = -489,6 \text{ eV}$$

$$Z = 7 \Rightarrow N^{6+}: (E_1) N^{6+} = -13,6 \cdot 7^2 = -666,4 \text{ eV}$$

$$Z = 8 \Rightarrow O^{7+}: (E_1) O^{7+} = -13,6 \cdot 8^2 = -870,4 \text{ eV}$$

b) Quy luật liên hệ  $E_1$  với Z: Z càng tăng  $E_1$  càng âm (càng thấp). Qui luật này phản ánh tác dụng lực hút hạt nhân tới e được xét: Z càng lớn lực hút càng mạnh  $\Rightarrow$  năng lượng càng thấp  $\Rightarrow$  hệ càng bền, bền nhất là  $O^{7+}$ .

c) Trị năng lượng đó có liên hệ với năng lượng ion hoá, cụ thể:

$$C^{5+}: I_6 = -(E_1, C^{5+}) = +489,6 \text{ eV.}$$

$$N^{6+}: I_7 = -(E_1, N^{6+}) = +666,4 \text{ eV.}$$

$$O^{7+}: I_8 = -(E_1, O^{7+}) = +870,4 \text{ eV.}$$

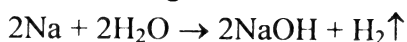
**Ví dụ 8:** Các vi hạt có cấu hình electron phân lớp ngoài cùng:  $3s^1$ ,  $3s^2$ ,  $3p^3$ ,  $3p^6$  là nguyên tử hay ion ? Tại sao ? Hãy dẫn ra một phản ứng hoá học (nếu có) để minh hoạ tính chất hoá học đặc trưng của mỗi vi hạt. *Cho biết:* Các vi hạt này là ion hoặc nguyên tử của nguyên tố thuộc nhóm A và nhóm VIII (0).

### Giải

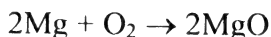
Cấu hình electron của các lớp trong của các vi hạt là  $1s^22s^22p^6$ , ứng với cấu hình của [Ne].

• Cấu hình  $[Ne]3s^1$  chỉ có thể ứng với nguyên tử Na ( $Z = 11$ ), không thể ứng với ion.

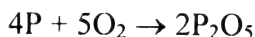
Na là kim loại điển hình, có tính khử rất mạnh. *Thí dụ:* Na tự bốc cháy trong  $H_2O$  ở nhiệt độ thường.



• Cấu hình  $[Ne]3s^2$  ứng với nguyên tử Mg ( $Z = 12$ ), không thể ứng với ion. Mg là kim loại hoạt động. Mg cháy rất mạnh trong oxi và cả trong  $CO_2$ .



• Cấu hình  $[Ne] 3s^2 3p^3$  ứng với nguyên tử P ( $Z = 15$ ), không thể ứng với ion. P là phi kim hoạt động. P cháy mạnh trong oxi.

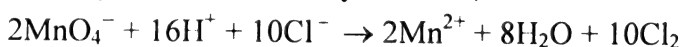


• Cấu hình  $[Ne] 3s^2 3p^6$ :

- Trường hợp vi hạt có  $Z = 18$ . Đây là Ar, một khí trơ.

- Vi hạt có  $Z < 18$ . Đây là ion âm:

+  $Z = 17$ . Đây là  $Cl^-$ , chất khử yếu. *Thí dụ:*



+  $Z = 16$ . Đây là  $S^{2-}$ , chất khử tương đối mạnh. *Thí dụ:*



+  $Z = 15$ . Đây là  $P^{3-}$ , rất không bền, khó tồn tại.

- Vi hạt có  $Z > 18$ . Đây là ion dương:

+  $Z = 19$ . Đây là  $K^+$ , chất oxi hoá rất yếu, chỉ bị khử dưới tác dụng của dòng điện (điện phân KCl hoặc KOH nóng chảy).

+  $Z = 20$ . Đây là  $Ca^{2+}$ , chất oxi hoá yếu, chỉ bị khử dưới tác dụng của dòng điện (điện phân  $CaCl_2$  nóng chảy).

## DẠNG 2: TÍNH THEO PHẦN TRĂM CÁC ĐỒNG VỊ

**Ví dụ 1:** Trong tự nhiên đồng có hai đồng vị  $^{65}_{29}Cu$  và  $^{63}_{29}Cu$ . Nguyên tử khối trung bình của Cu là 63,54. Tính phần trăm khối lượng của  $^{63}Cu$  trong  $Cu(OH)_2.CuCO_3$ . (cho  $O = 16$  ;  $H = 1$  ;  $C = 12$ )

### Giải

Gọi x là % đồng vị  $^{63}Cu \Rightarrow$  % đồng vị  $^{65}_{29}Cu$  là  $(100 - x)$  ( $0 < x < 100$ ). Ta có:

$$\frac{63x + 65(100 - x)}{100} = 63,54 \rightarrow x = 73\%$$

Cứ 1 mol  $Cu(OH)_2.CuCO_3$  chứa 2 mol Cu ứng với 1,46 mol  $^{63}Cu$

$$\Rightarrow \% ^{63}Cu = \frac{63.1,46.100\%}{63,54.2 + 17.2 + 12 + 16.3} = 41,6\%$$

**Ví dụ 2:** Tính khối lượng nguyên tử trung bình của argon và kali biết rằng trong tự nhiên:

- Argon có 3 đồng vị:  $^{36}_{18}\text{Ar}$  (0,3%),  $^{38}_{18}\text{Ar}$  (0,06%),  $^{40}_{18}\text{Ar}$  (99,6 %)

- Kali có 3 đồng vị:  $^{39}_{19}\text{K}$  (93,08%),  $^{40}_{19}\text{K}$  (0,012%),  $^{41}_{19}\text{K}$  (6,9%) .

Từ kết quả trên hãy giải thích vì sao nguyên tử có số hiệu nguyên tử nhỏ lại có khối lượng nguyên tử trung bình lớn hơn và ngược lại.

**Giải**

$$\overline{M}_{\text{Ar}} = \frac{0,3 \cdot 36 + 0,06 \cdot 38 + 99,6 \cdot 40}{100} = 39,9708;$$

$$\overline{M}_{\text{K}} = \frac{93,08 \cdot 39 + 0,012 \cdot 40 + 6,9 \cdot 41}{100} = 39,135$$

Ta thấy argon có nguyên tử khối lớn hơn kali, trong khi đó số hiệu nguyên tử argon lại nhỏ hơn kali. Sở dĩ như vậy là do argon có đồng vị có số khối cao chiếm tỷ lệ cao nhất, còn ở kali thì đồng vị có số khối thấp nhất lại chiếm tỷ lệ cao nhất.

**Ví dụ 3:** Hidro được điều chế bằng phương pháp điện phân nước, hidro đó gồm 2 loại đồng vị  $^1_1\text{H}$  và  $^2_1\text{D}$ . Hỏi trong 180 gam nước nói trên có bao nhiêu gam đồng vị  $^2_1\text{D}$ , biết khối lượng nguyên tử trung bình của hidro là 1,008.

**Giải**

Đặt x là % đồng vị  $^1_1\text{H} \Rightarrow$  % đồng vị  $^2_1\text{D}$  là  $(100 - x)$  ( $0 < x < 100$ ). Ta có:

$$\overline{A}_{\text{H}} = \frac{x + 2(100 - x)}{100} = 1,008 \Rightarrow x = 99,2\%$$

$\Rightarrow$  Phần trăm đồng vị  $^2_1\text{D}$  là  $100\% - 99,2\% = 0,8\%$

Trong  $\frac{180}{18} = 10$  mol  $\text{H}_2\text{O}$  có 20 mol H ứng với  $\frac{2 \cdot 0,8}{100} = 0,016$  mol  $^2_1\text{D}$

$\Rightarrow$  Khối lượng  $^2_1\text{D}$  chứa trong 180 gam  $\text{H}_2\text{O}$  là  $2 \cdot 0,16 = 0,32$  gam

**Ví dụ 4:** Khối lượng nguyên tử trung bình của brom là 79,91 . Brom có 2 đồng vị là  $^{79}_{35}\text{Br}$  và  $^{81}_{35}\text{Br}$  . Có bao nhiêu phần trăm khối lượng đồng vị  $^{79}_{35}\text{Br}$  trong muối  $\text{NaBrO}_3$  ?

**Giải**

Gọi x là phần trăm đồng vị  $^{79}_{35}\text{Br}$

$\Rightarrow$  Phần trăm đồng vị  $^{81}_{35}\text{Br}$  là  $(100 - x)$  ( $0 < x < 100$ ). Ta có:

$$\overline{A}_{\text{Br}} = \frac{79x + 81(100 - x)}{100} = 79,91 \Rightarrow x = 54,5\%$$

Cứ 1 mol  $\text{NaBrO}_3$  có 1 mol Br ứng với 0,545 mol  $^{79}_{35}\text{Br}$

⇒ Phần trăm khối lượng của  $^{79}_{35}\text{Br}$  trong  $\text{NaBrO}_3$  là

$$\% ^{79}_{35}\text{Br} = \frac{79.0,545.100\%}{23 + 79,91 + 16.3} = 28,53\%$$

### DẠNG 3: BÀI TẬP VỀ CÁC SỐ LƯỢNG TỬ

**Ví dụ 1:** X là một nguyên tố nhóm A, hợp chất khí với hiđro của X có dạng  $\text{XH}_3$ .

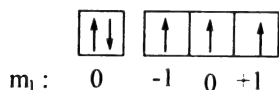
Electron cuối cùng trên nguyên tử X có tổng 4 số lượng tử bằng 4,5. (quy ước  $m_l$ : từ -l đến +l). Xác định tên nguyên tố X.

#### Giải

X là một nguyên tố nhóm A, hợp chất khí với hiđro của X có dạng  $\text{XH}_3$

⇒ X thuộc nhóm VA

Ta có sự phân bố electron vào các obitan như sau:



Vậy electron cuối cùng có  $l = 1$ ;  $m_l = +1$ ;  $m_s = +\frac{1}{2} \Rightarrow 1 + 1 + 0,5 + n = 4,5$

⇒  $n = 2 \Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^5 \Rightarrow Z_X = 7$  (N)

**Ví dụ 2:** Xác định nguyên tử mà electron cuối cùng điền vào obitan có các số lượng tử:

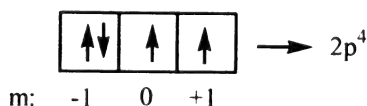
a)  $n = 2$ ;  $l = 1$ ;  $m = +1$ ;  $m_s = -1/2$       b)  $n = 3$ ;  $l = 0$ ;  $m = 0$ ;  $m_s = +1/2$

c)  $n = 4$ ;  $l = 1$ ;  $m = -1$ ;  $m_s = -1/2$       d)  $n = 3$ ;  $l = 2$ ;  $m = -2$ ;  $m_s = -1/2$

#### Giải

a)  $n = 2 \rightarrow$  Nguyên tử có 2 lớp electron

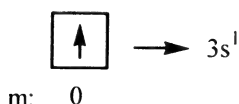
$l = 1$ ;  $m = +1$ ;  $m_s = -1/2 \Rightarrow$  Electron cuối cùng thuộc phân lớp 2p và mũi tên đi xuống



⇒ Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^4 \Rightarrow Z = 8$  (O)

b)  $n = 3 \Rightarrow$  Nguyên tử có 3 lớp electron

$l = 0$ ;  $m = 0$ ;  $m_s = +1/2 \Rightarrow$  Electron cuối cùng thuộc phân lớp 3s và mũi tên đi lên



⇒ Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow Z = 11$  (Na)

c)  $n = 4 \rightarrow$  Nguyên tử có 4 lớp electron

$l = 1 ; m = -1 ; m_s = -1/2 \Rightarrow$  Electron cuối cùng thuộc phân lớp 4p và mũi tên đi xuống

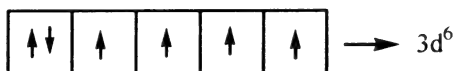


m: -1 0 -1

$\Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4 \Rightarrow Z = 34$  (Se)

d)  $n = 3 \Rightarrow$  Nguyên tử có 3 lớp electron

$l = 2 ; m = -2 ; m_s = -1/2 \Rightarrow$  Electron cuối cùng thuộc phân lớp 3d và mũi tên đi xuống

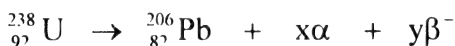


m: -2 -1 0 +1 +2

$\Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2 \Rightarrow Z = 26$  (Fe)

#### DẠNG 4: BÀI TẬP VỀ PHẢN ỨNG HẠT NHÂN

**Ví dụ 1:**  $^{238}_{92}\text{U}$  là một chất phóng xạ. Sau nhiều phân rã liên tiếp mà thời gian sống của các hạt nhân trung gian là đủ ngắn để có thể bỏ qua sự có mặt của chúng trong các sản phẩm chuyển hoá. Phương trình phóng xạ như sau:

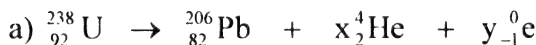


a) Xác định các hệ số  $x$  và  $y$ .

b) Thực nghiệm cho biết tại thời điểm khảo sát một mẫu đá ura ninit có tỉ lệ giữa khối lượng  $^{238}_{92}\text{U}$  còn lại và khối lượng  $^{206}_{82}\text{Pb}$  là 0,0453. Chu kì bán rã của

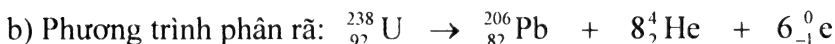
$^{238}_{92}\text{U}$  là  $4,55921 \cdot 10^9$  năm. Hãy tính tuổi của mẫu đá ura ninit đó.

#### Giải



Áp dụng định luật bảo toàn nuclôn và định luật bảo toàn điện tích, ta có hệ:

$$\begin{cases} 206 + 4x + y \cdot 0 = 238 \\ 82 + 2x - y = 92 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 8 \\ y = 6 \end{cases}$$



Gọi  $t$  là tuổi của mẫu đá.

Ta có: Số hạt  $^{238}\text{U}$  còn lại ở thời điểm  $t$  phân rã là

$$N = N_0 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}} \Rightarrow m_{^{238}\text{U}} = \frac{238N}{N_A} = \frac{238N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}}{N_A} \quad (1)$$

Số hạt  $^{206}\text{Pb}$  tạo thành bằng số hạt  $^{238}\text{U}$  phân rã:

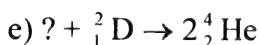
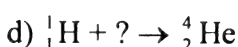
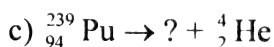
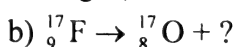
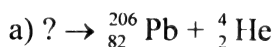
$$\Delta N = N_0 - N = N_0(1 - 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}) \Rightarrow m_{^{206}\text{Pb}} = \frac{206\Delta N}{N_A} = \frac{206N_0 \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}})}{N_A} \quad (2)$$

$$(1)(2) \Rightarrow \frac{m_{^{238}\text{U}}}{m_{^{206}\text{Pb}}} = \frac{238 \cdot 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}}}{206 \cdot (1 - 2^{-\frac{t}{t_{1/2}}})} = \frac{238}{206 \cdot (2^{\frac{t}{t_{1/2}}} - 1)} = 0,0453$$

$$\Rightarrow t = \frac{t_{1/2} \cdot \ln(\frac{238}{206 \cdot 0,0453} + 1)}{\ln 2} = \frac{4,55921 \cdot 10^9 \cdot \ln(\frac{238}{206 \cdot 0,0453} + 1)}{\ln 2} = 2,155 \cdot 10^{10} \text{ năm}$$

Vậy tuổi của mẫu đá ura ninit đó là  $2,155 \cdot 10^{10}$  năm.

**Ví dụ 2:** Hoàn thành các phương trình phản ứng hạt nhân sau:

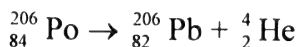


Đối với mỗi định luật bảo toàn được áp dụng để lập phương trình trên, hãy phân tích một ví dụ để minh họa.

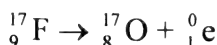
### Giải

Kí hiệu  $^A_Z\text{X}$  là hạt nhân nguyên tử chưa biết. Áp dụng định luật bảo toàn số nuclôn và định luật bảo toàn điện tích, ta có:

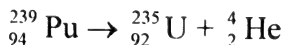
a)  $A = 206 + 4 = 210$  ;  $Z = 82 + 2 = 84$  (Po)



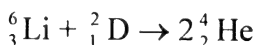
b)  $A = 17 - 17 = 0$  ;  $Z = 9 - 8 = 1$



c)  $A = 239 - 4 = 235$  ;  $Z = 94 - 2 = 92$  (U)



d)  $A = 2 \cdot 4 - 2 = 6$  ;  $Z = 2 \cdot 2 - 1 = 3$



**Ví dụ 3:** a) Urani trong thiên nhiên chứa 99,28%  $^{238}\text{U}$  (có thời gian bán hủy là  $4,5 \cdot 10^9$  năm) và 0,72%  $^{235}\text{U}$  (có thời gian bán hủy là  $7,1 \cdot 10^8$  năm). Tính tốc độ phân rã mỗi đồng vị trên trong 10 gam  $\text{U}_3\text{O}_8$  mới điều chế.

b) Mari và Pie Curi điều chế  $^{226}\text{Ra}$  từ quặng Urani trong thiên nhiên.  $^{226}\text{Ra}$  được tạo ra từ đồng vị nào trong hai đồng vị trên ?

### Giải



a) Tốc độ phân huỷ hạt nhân được tính theo phương trình  $H = \lambda N$  (1)

$\lambda$  là hằng số tốc độ phân huỷ

$N$  là tổng số hạt nhân phóng xạ có ở thời điểm xét

+ Trước hết cần tìm  $k$ . Ta có:  $k = \frac{0,6931}{t_{1/2}}$  (2)

$t_{1/2}$  là thời gian bán huỷ đầu bài đã cho.

+ Tiếp đến tìm  $N$  như sau:

Nguyên tử khối trung bình của U:  $\frac{238.99,28 + 235.0,72}{100} = 237,9784$

Số mol  $U_3O_5$  có trong 10 gam  $U_3O_8$  là:  $\frac{10}{3.237,9784 + 8.16} = 1,18774.10^{-2}$  mol

- Số hạt nhân Urani có tổng cộng là:  $1,18774.10^{-2}.6,022.10^{23}.3 = 2,14577.10^{22}$ .

Trong đó:  $N(^{238}U) = 2,14577.10^{22}.0,9928 = 2,13.10^{22}$

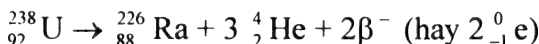
$N(^{235}U) = 2,14577.10^{22}.0,0072 = 1,545.10^{20}$

+ Dùng phương trình (1) để tính tốc độ phân rã của từng loại hạt nhân Urani

$^{238}U$  có  $H_{238} = \frac{0,6931.2,13.10^{22}}{4,5.10^9.60.60.24.365} = 1,0410^5$  hạt nhân/giây

$^{235}U$  có  $H_{235} = \frac{0,6931.1,545.10^{20}}{7,1.10^8.60.60.24.365} = 4,78.10^3$  hạt nhân/giây

b) Dựa vào định luật bảo toàn số nuclôn và bảo toàn điện tích, ta có phương trình



Vậy  $^{226}Ra$  được điều chế từ  $^{238}U$ .

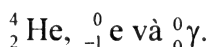
**Ví dụ 4:** a)  $^{238}U$  tự phân rã liên tục thành một đồng vị bền của chì. Tổng cộng có 8 hạt  $\alpha$  được phóng ra trong quá trình đó. Hãy giải thích và viết phương trình phản ứng chung của quá trình này.

b) Uran có cấu hình electron  $[Rn]5f^36d^17s^2$ . Nguyên tử này có bao nhiêu electron độc thân? Có thể có mức oxi hoá cao nhất là bao nhiêu?

c)  $UF_6$  là chất lỏng dễ bay hơi được ứng dụng phổ biến để tách các đồng vị uran. Hãy viết phương trình phản ứng có  $UF_6$  được tạo thành khi cho  $UF_4$  tác dụng với  $ClF_3$ .

### Giải

a)  $U^{238}$  tự phóng xạ tạo ra đồng vị bền  $^{206}_{82}Pb$  cùng với ba loại hạt cơ bản:



Theo định luật bảo toàn số khối:  $x = 238 - 8.4 = 206$ .

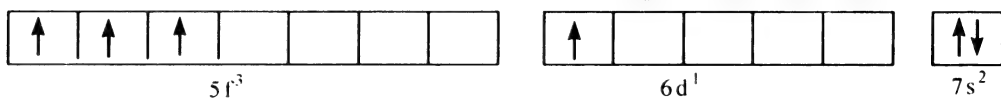
Vậy có  $^{206}_{82}Pb$ .

Theo định luật bảo toàn điện tích:  $\frac{92 - (82 + 8.2)}{-1} = 6$

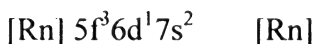
Vậy có 6 hạt  ${}_{-1}^0\text{e}$  hay  $\beta^-$

Phương trình chung:  ${}_{92}^{238}\text{U} \rightarrow {}_{82}^{206}\text{Pb} + 8 {}_2^4\text{He} + 6 {}_{-1}^0\text{e}$

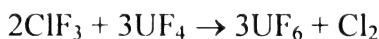
b) Cấu hình electron  $[\text{Rn}]5f^36d^17s^2$  có số electron ngoài được biểu diễn như sau:



Vậy nguyên tử  ${}_{92}^{238}\text{U}$  có 4 electron độc thân (chưa ghép đôi); mức (số) oxi hoá cao nhất + 6 vì



c) Phản ứng:



**Ví dụ 5:**  ${}^{32}\text{P}$  phân rã  $\beta^-$  với chu kì bán huỷ là 14,28 ngày, được điều chế bằng phản ứng giữa neutron với hạt nhân  ${}^{32}\text{S}$ .

a) Viết các phương trình phản ứng hạt nhân để điều chế  ${}^{32}\text{P}$  và biểu diễn sự phân rã phóng xạ  ${}^{32}\text{P}$ .

b) Có hai mẫu phóng xạ  ${}^{32}\text{P}$  được kí hiệu là mẫu I và mẫu II. Mẫu I có hoạt độ phóng xạ 20  $\mu\text{Ci}$  được lưu giữ trong bình đặt tại buồng làm mát có nhiệt độ 10°C. Mẫu II có hoạt độ phóng xạ 2  $\mu\text{Ci}$  bắt đầu được lưu giữ cùng thời điểm với mẫu I nhưng ở nhiệt độ 20°C. Khi hoạt độ phóng xạ của mẫu II chỉ còn 5.10<sup>-1</sup>  $\mu\text{Ci}$  thì lượng lưu huỳnh xuất hiện trong bình chứa mẫu I là bao nhiêu gam? Trước khi lưu giữ trong bình không có lưu huỳnh. Cho: 1Ci = 3,7.10<sup>10</sup> Bq (1 Bq = 1 phân rã/giây); số Avogadro  $N_A = 6,02.10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; hoạt độ phóng xạ  $A = \lambda N$  ( $\lambda$  là hằng số tốc độ phân rã, N là số hạt nhân phóng xạ ở thời điểm t).

### Giải

a) Phương trình phản ứng hạt nhân điều chế  ${}^{32}\text{P}$ :



Và phân rã phóng xạ  ${}^{32}\text{P}$ :  ${}_{15}^{32}\text{P} \rightarrow {}_{16}^{32}\text{S} + \beta^-$

$$\text{b) } \frac{A}{A_0} = \frac{5.10^{-1}}{2} = \frac{1}{4} = \frac{1}{2^{\frac{t}{t_{1/2}}}} \Rightarrow t = 2t_{1/2}$$

Vậy thời gian lưu giữ là 2 chu kì bán huỷ.

Tốc độ phóng xạ không phụ thuộc vào nồng độ ban đầu và nhiệt độ, nên sau thời gian t đó lượng  ${}^{32}\text{P}$  của mẫu I chỉ còn 1/4 so với ban đầu.

Số hạt nhân  $^{32}\text{P}$  của mẫu I còn lại sau thời gian  $t$  phân rã là

$$N = \frac{N_0}{4} = \frac{A_0}{4k} \quad (\text{vì } A_0 = kN_0)$$

$\Rightarrow$  Số hạt nhân  $^{32}\text{P}$  bị phân rã ở mẫu I cũng chính là số hạt nhân  $^{32}\text{S}$  tạo thành:

$$\Delta N = N_0 - N = \frac{3}{4} N_0 = \frac{3A_0}{4k}$$

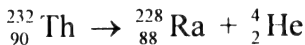
Cứ 1 mol  $^{32}\text{S}$  ứng với  $N_A$  nguyên tử có khối lượng 32 gam.

$\Rightarrow$  Khối lượng  $^{32}\text{S}$  tạo thành là:

$$\frac{3A_0 \cdot 32}{4kN_A} = \frac{24A_0}{kN_A} = \frac{24A_0 \cdot t_{1/2}}{0,693 \cdot N_A} = \frac{24 \cdot 20,3 \cdot 7 \cdot 10^7 \cdot 32 \cdot 14,28 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60}{0,693 \cdot 6,02 \cdot 10^{23}} = 5,25 \cdot 10^{-8} \text{ gam}$$

**Ví dụ 6:** Sự phân huỷ phóng xạ của  $^{232}\text{Th}$  tuân theo phản ứng bậc I. Nghiên cứu về sự phân huỷ phóng xạ của thori dioxit, người ta biết chu kỳ bán huỷ của  $^{232}\text{Th}$  là  $1,39 \cdot 10^{10}$  năm. Hãy tính số hạt  $\alpha$  bị bức xạ trong 1 giây cho 1 gam thori dioxit tinh khiết. Cho số Avogadro  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

**Giải**



Vì  $\text{ThO}_2$  phân huỷ phóng xạ theo phản ứng bậc I nên chu kỳ bán huỷ được tính theo biểu thức:

$$t_{1/2} = \frac{0,693}{k} \text{ hay } k = \frac{0,693}{t_{1/2}}$$

$$\text{Vậy hằng số tốc độ } k = \frac{0,693}{1,39 \cdot 10^{10} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,58 \cdot 10^{-18} \text{ (s}^{-1}\text{)}$$

Trong 264 gam  $\text{ThO}_2$  tinh khiết chứa  $6,022 \cdot 10^{23}$  hạt  $^{232}\text{Th}$ . Vậy trong 1 gam

$$\text{ThO}_2 \text{ tinh khiết chứa: } \frac{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 1}{264} = 2,28 \cdot 10^{21} \text{ hạt } ^{232}\text{Th}.$$

Tốc độ phân huỷ của  $\text{ThO}_2$  được biểu diễn bằng biểu thức:

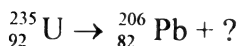
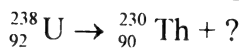
$$v = - \frac{dN}{dt} = kN$$

Do vậy số hạt  $\alpha$  bị bức xạ trong 1 giây bởi 1 gam  $\text{ThO}_2$  tinh khiết sẽ là

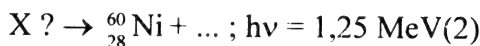
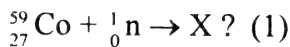
$$v = - \frac{dN}{dt} = 1,58 \cdot 10^{-18} \cdot 2,28 \cdot 10^{21} = 3,60 \cdot 10^3 \text{ (s}^{-1}\text{)}.$$

Nghĩa là có  $3,60 \cdot 10^3$  hạt  $\alpha$  bị bức xạ trong 1 giây.

**Ví dụ 7:** a) Hoàn thành phương trình phản ứng sau đây. Có định luật nào được áp dụng khi hoàn thành phương trình phản ứng trên ?

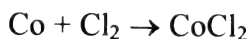


b) Liệu pháp phóng xạ được ứng dụng rộng rãi để chữa ung thư. Cơ sở của liệu pháp đó là sự biến đổi hạt nhân.



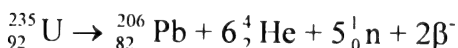
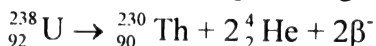
$\alpha$ ) Hãy hoàn thành phương trình của sự biến đổi hạt nhân trên và nêu rõ định luật nào được áp dụng để hoàn thành phương trình.

$\beta$ ) Hãy cho biết điểm khác nhau giữa phản ứng hạt nhân với phản ứng oxi hoá-khử (lấy thí dụ từ phản ứng (2) và phản ứng:



### ***Giải***

a) Các phương trình phản ứng:

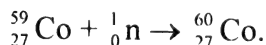


Các định luật bảo toàn số khối và định luật bảo toàn điện tích được áp dụng khi hoàn thành phương trình trên.

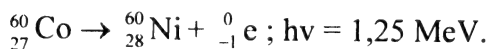
b)

$\alpha$ ) Định luật bảo toàn vật chất nói chung, định luật bảo toàn số khối và bảo toàn điện tích nói riêng, được áp dụng:

Điện tích:  $27 + 0 = 27$  ; Số khối:  $59 + 1 = 60 \Rightarrow \text{X}$  là  ${}_{27}^{60}\text{Co}$ .



Số khối:  $60 = 60$ ; Điện tích:  $27 = 28 + x \rightarrow x = -1$ . Vậy có  ${}_{-1}^0\text{e}$ .



$\beta$ ) Điểm khác nhau:

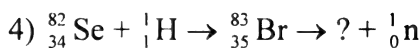
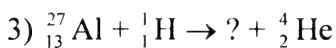
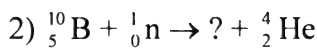
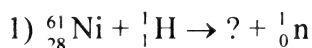
- Phản ứng hạt nhân: xảy ra tại hạt nhân, tức là sự biến đổi hạt nhân thành nguyên tố mới. Ví dụ (b) ở trên.

- Phản ứng hoá học (oxi hoá khử): xảy ra ở vỏ electron nên chỉ biến đổi dạng đơn chất, hợp chất. Ví dụ:  $\text{Co} + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Co}^{2+} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{CoCl}_2$

- Chất dùng trong phản ứng hạt nhân có thể là đơn chất hay hợp chất, thường dùng hợp chất. Chất dùng trong phản ứng oxi hoá khử, phụ thuộc vào câu hỏi mà phải chỉ rõ đơn chất hay hợp chất.

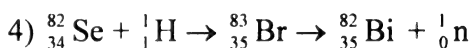
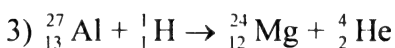
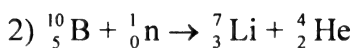
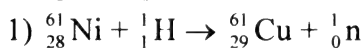
- Năng lượng kèm theo phản ứng hạt nhân lớn hơn hẳn so với năng lượng kèm theo phản ứng hoá học thông thường.

**Ví dụ 8:** Viết các phương trình biến đổi hạt nhân:

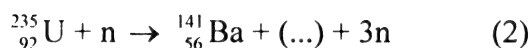
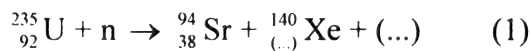


**Giải**

Các phương trình biến đổi hạt nhân



**Ví dụ 9:** Xét các phản ứng phân hạch sau của  ${}^{235}_{92}\text{U}$  bằng neutron nhiệt:

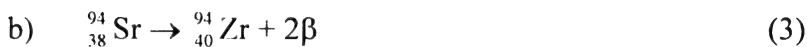
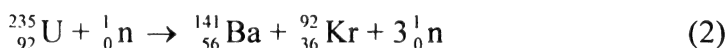
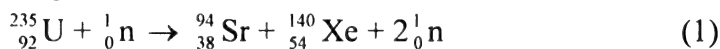


a) Hãy xác định các tiểu phân và số còn thiếu.

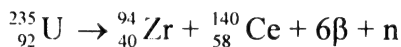
b) Xét phản ứng (1) nêu trên, các mảnh phân hạch không bền bị phân rã  $\beta$  liên tiếp tạo thành Zr và Ce. Viết phương trình phản ứng hạt nhân thu gọn và tính tổng động năng phóng thích theo MeV. Cho  $m({}^{235}\text{U}) = 235,0493 \text{ u}$ ;  $m({}^{94}\text{Zr}) = 93,9063 \text{ u}$ ;  $m({}^{140}\text{Ce}) = 139,9054 \text{ u}$  và  $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$

**Giải**

a) Áp dụng định luật bảo toàn số khối và định luật bảo toàn điện tích ta có:



Cộng từng vế (1), (3), (4) ta được:

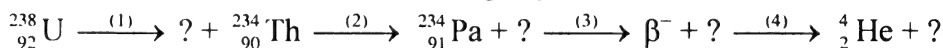


$$m_0 = m({}^{235}\text{U}) = 235,0493 \text{ u}$$

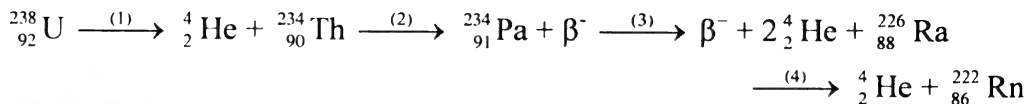
$$m = m({}^{94}\text{Zr}) + m({}^{140}\text{Ce}) + m(\text{n}) = 93,9063 + 139,9054 + 1,00862 \\ = 234,82032 \text{ u}$$

$$\Rightarrow \Delta E = (m_0 - m)c^2 = (235,0493 - 234,82032) \times (931,5 \text{ MeV}/c^2) \times c^2 \\ = 213,29487 \text{ MeV}$$

**Ví dụ 10:** Hãy thay mỗi dấu (?) bằng các kí hiệu thích hợp và viết phương trình phản ứng hạt nhân cho mỗi biến đổi trong dãy sau:



### Giải



## C. BÀI TẬP

- Cho X, Y là hai phi kim, trong nguyên tử X và Y có số hạt mang điện nhiều hơn số hạt không mang điện lần lượt là 14 và 16. Biết trong hợp chất  $\text{XY}_n$ .
  - X chiếm 15,0486% về khối lượng
  - Tổng số proton là 100
  - Tổng số nơtron là 106
  - Xác định tên của hai nguyên tố X, Y và viết cấu hình electron nguyên tử của chúng.
  - Xác định công thức của hợp chất  $\text{XY}_n$ .
- Tổng số proton, nơtron, electron trong nguyên tử của hai nguyên tố M và X lần lượt bằng 82 và 52. M và X tạo thành hợp chất  $\text{MX}_a$ , trong phân tử của hợp chất đó có tổng số proton của các nguyên tử bằng 77.
  - Viết cấu hình electron nguyên tử và các ion bền có thể tạo ra từ M và X.
  - Xác định công thức của hợp chất  $\text{MX}_a$ .
- Viết cấu hình electron của các nguyên tử và ion sau ở trạng thái cơ bản:  
 $\text{Mn}^{2+}$  ( $Z = 25$ );  $\text{Cu}$  ( $Z = 29$ );  $\text{K}$  ( $Z = 19$ );  $\text{S}^{2-}$  ( $Z = 16$ )
- Cấu hình electron ngoài cùng của một nguyên tố X là  $5p^5$ . Tỷ lệ số nơtron và điện tích hạt nhân bằng 1,3962. Số nơtron trong nguyên tử X gấp 3,7 lần số nơtron trong nguyên tử Y. Khi cho 10,725 gam Y tác dụng với lượng dư X thu được 45,65 gam sản phẩm có công thức XY.
  - Viết đầy đủ cấu hình electron nguyên tử nguyên tố X.
  - Xác định số hiệu nguyên tử, số khối và tên của X, Y.
  - X và Y là kim loại hay phi kim?
- Các ion  $\text{X}^+$ ,  $\text{Y}^-$  và nguyên tử Z nào có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6$ ? Viết cấu hình electron của nguyên tử trung hòa X và Y?
  - Tổng số proton, nơtron, electron trong nguyên tử của một nguyên tố A là 34. Viết cấu hình electron của nguyên tử A và cho biết nó là kim loại, phi kim hay khí hiếm.
- Nguyên tử của nguyên tố hóa học X có tổng số các hạt proton, nơtron, electron là 180, trong đó tổng các hạt mang điện gấp 1,4324 lần số hạt không mang điện.
  - Viết cấu hình electron của nguyên tử X. Cho biết X là kim loại hay phi kim.
  - Viết cấu hình electron của nguyên tử các nguyên tố mà electron ngoài cùng là  $4s^1$ . Từ đó cho biết tên nguyên tố, số hiệu nguyên tử và số electron hóa trị của chúng.
- Nguyên tố X, cation  $\text{Y}^{2+}$ , anion  $\text{Z}^-$  đều có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6$ . X, Y, Z là kim loại hay phi kim? Tại sao?

- b) Viết cấu hình electron của Cu ( $Z = 29$ ). Trên cơ sở đó hay giải thích vì sao Cu có hóa trị I và II.
8. Hoạt tính phóng xạ của  $^{210}_{84}\text{Pb}$  giảm đi 6,85%, sau 14 ngày. Xác định hằng số tốc độ phân rã, chu kỳ bán rã và thời gian để cho nó bị phân rã 75%.
9. Hai hợp chất X, Y có công thức  $(\text{AB})_x$  và  $(\text{CD})_y$  với A và C là kim loại còn B và D là phi kim. X và Y có cùng tổng số electron bằng 28.
- Xác định x, suy ra công thức có thể của X và Y
  - Chọn công thức ứng với trường hợp X, Y là hợp chất có tính cộng hóa trị cao hơn tính ion. Giải thích.
  - Viết phương trình phản ứng giữa X, Y với dung dịch HCl và gọi tên sản phẩm tạo ra.
10. Ion  $\text{X}^{3+}$  có phân lớp electron lớp ngoài cùng là  $3d^2$ .
- Hãy viết cấu hình electron của nguyên tử X và ion  $\text{X}^{3+}$ . Từ đó xác định điện tích hạt nhân của  $\text{X}^{3+}$  và vị trí của X trong bảng tuần hoàn.
  - Hai electron  $3d^2$  ứng với những giá trị nào của số lượng tử chính  $n$  và số lượng tử phụ  $l$ ?
13. a) Radi là nguyên tố thổ kiềm ( $z = 88$ ). Hãy cho biết nguyên tố thổ kiềm tiếp theo sẽ có số thứ tự Z là bao nhiêu?
- b) Sự nghiên cứu hiện nay hướng đến sự điều chế nhân tạo các nguyên tố có số thứ tự là 112, 118 vì theo dự kiến các nguyên tố này có một độ bền tương đối. Hãy giải thích điều đó dựa vào cấu hình electron của chúng.
14. Tổng số các hạt của một nguyên tố X bằng 108.
- Viết cấu hình electron của X.
  - Xác định cấu hình electron đúng của X, biết X ở nhóm VA và có số  $Z < 82$
15. a) Hãy chỉ ra điểm sai ở mỗi cấu hình electron sau:
- $1s^2 2s^1 2p^5$
  - $1s^2 2s^2 2p^5 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$
  - $1s^2 2s^2 2p^6 4p^6 4s^2$
- b) Viết lại cho đúng mỗi cấu hình trên. Mỗi cấu hình đúng đó là cấu hình của hạt nào? Hãy viết một phương trình phản ứng chứng minh tính chất hoá học điển hình (nếu có) của hạt đó?
16. Cho hợp chất  $\text{M}_x\text{R}_y$  trong đó M chiếm 52,94% về khối lượng. Biết  $x + y = 5$ . Trong nguyên tử M số neutron nhiều hơn số proton là 1. Trong nguyên tử R số neutron bằng số proton. Tổng số hạt proton, neutron và electron trong X là 152. Xác định công thức của X
17. Hợp chất N được tạo thành từ cation  $\text{X}^+$  và anion  $\text{Y}^{2-}$ . Mỗi ion đều do 5 nguyên tử của hai nguyên tố tạo nên. Tổng số p trong  $\text{X}^+$  là 11, còn tổng số electron trong  $\text{Y}^{2-}$  là 50. Hãy xác định công thức phân tử và gọi tên N, biết rằng 2 nguyên tố thuộc cùng một phân nhóm và thuộc hai chu kỳ liên tiếp.



18. Phân mức năng lượng cao nhất của hai nguyên tố X, Y lần lượt là  $3d^x$  và  $3p^y$ . Cho biết  $x + y = 10$ , hạt nhân nguyên tử Y có số proton đúng bằng bằng số notron.
- a) Viết cấu hình electron của nguyên tử X, Y và xác định X, Y.
- b) Hợp chất A tạo bởi X và Y có tổng số hạt proton trong phân tử là 58. Viết phương trình ion biểu diễn quá trình hòa tan A bằng dung dịch  $HNO_3$ , biết rằng trong phản ứng Y bị oxi hóa đến mức cao nhất và chỉ làm thoát ra khí NO duy nhất.
19.  $^{226}_{88}Ra$  có chu kì bán huỷ 1590 năm. Hãy tính khối lượng của mẫu Ra có cường độ phóng xạ bằng 1 Curi ( $1 Ci = 3,7 \cdot 10^{10} Bq$ ).
20. Phi kim X có electron viết sau cùng ứng với 4 số lượng tử có tổng đại số bằng 2,5. Tìm phi kim X và viết cấu hình electron, quy ước  $m_l$  nhận giá trị từ âm sang dương.
21. Phòng thí nghiệm có mẫu phóng xạ  $^{198}Au$  với cường độ 4,0 mCi/1 gam Au. Sau 48 giờ người ta còn một dung dịch có độ phóng xạ 0,5 mCi/1 gam Au. Hãy tính số gam dung môi không phóng xạ pha với 1 gam Au để có dung dịch nói trên. Cho  $^{198}Au$  có  $T = t_{1/2} = 2,7$  ngày đêm.
22. Một mẫu đá chứa  $13,2 \mu g \ ^{238}_{92}U$  và  $3,42 \mu g \ ^{206}_{82}Pb$ , biết chu kì bán huỷ của  $^{238}_{92}U$  là  $4,51 \cdot 10^9$  năm. Hãy tính tuổi của mẫu đá trên.
23. Khi bắn phá  $^{235}_{92}U$  bằng một notron ta thu được  $^{146}_{57}La$  và  $^{87}_{35}Br$ . Hãy viết phương của phản ứng phân hạch và tính năng lượng được giải phóng (theo Jun) đối với một nguyên tử  $^{235}_{92}U$ . (Cho biết khối lượng của  $^{235}_{92}U$ , n,  $^{146}_{57}La$ ,  $^{87}_{35}Br$  theo thứ tự là: 235,004u; 1,00862u; 145,943u; 86,912u;  $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ ;  $1u = 1,6605 \cdot 10^{-27} kg$ ).
24.  $^{60}Co$  được dùng trong y học để điều trị một số bệnh ung thư do có khả năng phát tia  $\gamma$  để huỷ diệt tế bào ung thư.  $^{60}Co$  phân rã phát ra hạt  $\beta^-$  và tia  $\gamma$ , có chu kì bán huỷ là 5,27 năm.
- a) Viết phương trình phản ứng phân rã hạt nhân  $^{60}_{27}Co$ .
- b) Nếu ban đầu có 3,42 mg  $^{60}Co$  thì sau 30 năm còn lại bao nhiêu gam?
25. Urani ( $Z = 92$ ) là một nguyên tố phóng xạ tồn tại trong tự nhiên. Nó là một hỗn hợp của hai đồng vị  $^{238}U$  (99,3%,  $T = 4,47 \cdot 10^9$  năm) và  $^{235}U$  (0,7%,  $T = 7,04 \cdot 10^8$  năm). Cả hai đồng vị này đều phóng xạ  $\alpha$  và đều được tạo ra ở các phản ứng tổng hợp hạt nhân. Sự phân rã chúng sinh ra các lượng khác nhau của các hạt  $\alpha$  và  $\beta^-$ , qua nhiều quá trình phân rã khác nhau thì sẽ dẫn đến việc hình thành các đồng vị bền  $^{206}_{82}Pb$  và  $^{207}_{82}Pb$  một cách tương ứng. Các quá trình này được gọi là hai chuỗi phóng xạ. Sự phóng xạ  $\alpha$  - không chịu ảnh hưởng của các quá trình phân rã khác nhau - không chịu ảnh hưởng của sự chuyển hoá.
- a) Tính số hạt  $\alpha$  và  $\beta^-$  sinh ra trong hai chuỗi phóng xạ.
- ( $^{238}U \rightarrow ^{206}Pb$  và  $^{235}U \rightarrow ^{207}Pb$ )

b) Trong chuỗi phóng xạ (họ phóng xạ), một số nguyên tố hoá học xuất hiện nhiều hơn một lần. Vậy khi nào từ hạt nhân của nguyên tố A sau khi phóng xạ lại tạo được hạt nhân khác của nguyên tố A (gần nhau).

26. Có cách viết cấu hình electron của  $\text{Ni}^{2+}$  là:

Cách 1:  $\text{Ni}^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8$

Cách 2:  $\text{Ni}^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$

Áp dụng phương pháp gần đúng Slater tính năng lượng electron của  $\text{Ni}^{2+}$  với mỗi cách viết trên (theo đơn vị eV). Cách nào viết phù hợp với thực tế? Tại sao?

27. Mẫu vật KCl nặng 2,71 gam có tốc độ phân rã là 4490 phân rã/giây. KCl được dùng trong hoá phân tích dưới dạng nguyên tử đánh dấu. Người ta lại biết đồng vị phóng xạ  $^{40}\text{K}$  chiếm tới 1,17% trong hỗn hợp đồng vị kali. Hãy xác định thời gian bán hủy của  $^{40}\text{K}$  và cho nhận xét về lượng  $^{40}\text{K}$  trong cơ thể người. Cho số Avogadro  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ .

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI

1. a) Gọi  $Z_X, Z_Y$  là số proton X, Y ;  $N_X, N_Y$  là số neutron của X, Y. Ta có:

$$\begin{cases} Z_X + nZ_Y = 100 \\ N_X + nN_Y = 106 \end{cases} \Rightarrow Z_X + N_X + n(Z_Y + N_Y) = 206 \Rightarrow A_X + nA_Y = 206 \quad (1)$$

$$\frac{A_X}{A_X + nA_Y} = \frac{15,0486}{100} \quad (2)$$

$$(1)(2) \Rightarrow A_X = Z_X + N_X = 31 \quad (3)$$

$$\text{Mặt khác: } 2Z_X - N_X = 14 \quad (4)$$

$$(3)(4) \Rightarrow Z_X = 15 \text{ và } N_X = 16 \Rightarrow X \text{ là photpho (P)}$$

Thay  $Z_X, N_X$  vào hệ trên ta được:

$$n(N_Y - Z_Y) = 5 \quad (5)$$

$$\text{Ngoài ra: } 2Z_Y - N_Y = 16 \quad (6)$$

$$(5) + (6) \Rightarrow Z_Y = 16 + \frac{5}{n}$$

Do  $Z_Y \in \mathbb{N}^* \Rightarrow n = 1$  hoặc 5

Nếu  $n = 1 \Rightarrow Z_Y = 21$  (Ti) (Loại)

Nếu  $n = 5 \Rightarrow Z_Y = 17$  (Cl) (Nhận)

Vậy Y là clo (Cl)

Cấu hình electron nguyên tử:

P ( $Z = 15$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

Cl ( $Z = 17$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

b) Công thức của hợp chất là  $\text{PCl}_5$

2. a) Kí hiệu số p, n, e trong nguyên tử X là Z, N, E theo đầu bài ta có:

$$Z + N + E = 52 \text{ (vì nguyên tử trung hoà điện } Z = E)$$

$$\Rightarrow 2Z + N = 52 \Rightarrow N = 52 - 2Z$$

$$\text{Đối với các nguyên tử bền (trừ H): } 1 \leq \frac{N}{Z} \leq 1,5 \Rightarrow Z \leq 52 - 2Z \leq 1,5Z$$

$$\Rightarrow 14,85 \leq Z \leq 17,33 \Rightarrow Z = 15 ; 16 ; 17$$

•  $Z = 15$  (P)  $\Rightarrow N = 22 \Rightarrow A = 37$  (loại vì photpho không có đồng vị  $^{37}_{15}\text{P}$ )

•  $Z = 16$  (S)  $\Rightarrow N = 20 \Rightarrow A = 36$  (loại vì lưu huỳnh không có đồng vị  $^{36}_{16}\text{S}$ )

•  $Z = 17$  (Cl)  $\Rightarrow N = 18 \Rightarrow A = 35$  (nhận clo có đồng vị  $^{35}_{17}\text{Cl}$ )

Kí hiệu số p, n, e trong nguyên tử M là Z', N', E' theo đầu bài ta có:

$$Z' + N' + E' = 82 \text{ hay } 2Z' + N' = 82 \Rightarrow N' = 82 - 2Z' \Rightarrow \frac{82}{3,5} \leq Z' \leq \frac{82}{3}$$

$$\text{Mặt khác: } Z' = 77 - 17a \Rightarrow \frac{82}{3,5} \leq 77 - 17a \leq \frac{82}{3} \Rightarrow 2,92 \leq a \leq 3,15$$

$$\Rightarrow a = 3 \Rightarrow Z' = 26 \text{ (Fe)}$$

Vậy X là Cl và M là Fe

Cấu hình electron nguyên tử và ion:

$$\text{Cl (Z = 17): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \rightarrow \text{Cl}^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$$

$$\text{Fe (Z = 26): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$$

$$\Rightarrow \text{Cấu hình electron: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$$

$$\Rightarrow \text{Fe}^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$$

$$\Rightarrow \text{Fe}^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$$

b) Công thức phân tử của hợp chất là  $\text{FeCl}_3$ .

$$3. \text{Mn (Z = 25): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^2 \Rightarrow \text{Mn}^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$$

$$\text{Cu (Z = 29): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$$

$$\text{K (Z = 19): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$$

$$\text{S (Z = 16): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 \Rightarrow \text{S}^{2-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$$

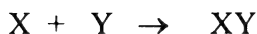
4. a) Cấu hình electron đầy đủ của X:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^5 \Rightarrow Z_X = \text{số e} = 53 \Rightarrow \frac{N_X}{Z_X} = 1,3962$$

$$\Rightarrow N_X = 1,3962 Z_X = 1,3962 \cdot 53 = 74 \Rightarrow A_X = 53 + 74 = 127$$

Vậy X là iot (I)

$$\text{Số neutron trong nguyên tử Y: } N_Y = \frac{N_X}{3,7} = \frac{74}{3,7} = 20$$



$$\frac{10,725}{A_Y} \Rightarrow \frac{10,725}{A_Y} = \frac{45,65}{127 + A_Y} \Rightarrow A_Y = 39 \Rightarrow Z_Y = 39 - 20 = 19$$

Vậy Y là kali (K)

5. a) Ứng với cấu hình electron:  $1s^2 2s^2 2p^6$  có các ion và nguyên tử:

Ion	Cấu hình electron của nguyên tử
$\text{Na}^+ (Z = 11)$	Na: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$
$\text{Mg}^{2+} (Z = 12)$	Mg: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$
$\text{Al}^{3+} (Z = 13)$	Al: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$
$\text{F}^- (Z = 9)$	F: $1s^2 2s^2 2p^5$
$\text{O}^{2-} (Z = 8)$	O: $1s^2 2s^2 2p^4$
$\text{N}^{3-} (Z = 7)$	N: $1s^2 2s^2 2p^3$
$\text{C}^{4-} (Z = 6)$	C: $1s^2 2s^2 2p^2$
	Ne (Z = 10): $1s^2 2s^2 2p^2$

b) Gọi Z, N lần lượt là số proton và số neutron của A. Ta có:  $2Z + N = 34$

$$\text{Từ điều kiện: } 1 \leq \frac{N}{Z} \leq 1,5 \Rightarrow 1 \leq \frac{34 - 2Z}{Z} \leq 1,5$$

$$\Rightarrow \frac{34}{3,5} \leq Z \leq \frac{34}{3} \Rightarrow 9,71 \leq Z \leq 11,33$$

•  $Z = 10$  (Ne)  $\Rightarrow N = 34 - 20 = 14$  (loại vì Ne không có đồng vị  $^{24}_{10}\text{Ne}$ )

•  $Z = 11$  (Na)  $\Rightarrow N = 34 - 2 \cdot 11 = 12$  (nhận)

Cấu hình electron của Na:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

Na là kim loại điển hình vì có 1 electron lớp ngoài cùng.

$$6. a) \text{ Theo đề ta có hệ: } \begin{cases} 2Z + N = 180 \\ 2Z - 1,4324N = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z = 53 \\ N = 74 \end{cases}$$

$\Rightarrow X$  là iot (I). Cấu hình electron của I là:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 4d^{10} 5s^2 5p^5$

Iot là phi kim điển hình vì có 7 electron lớp ngoài cùng

b) Nếu nguyên tố đó thuộc nhóm A

$\Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

$\Rightarrow Z = \text{số e} = 19 \Rightarrow$  Kali (K) có 1 electron hóa trị

Nếu nguyên tố đó thuộc nhóm B thì do có lớp ngoài cùng là  $4s^1$  nên ở đây xảy ra hiện tượng "bán bão hòa gấp"

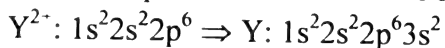
( $\dots 3d^4 4s^1 \rightarrow \dots 3d^5 4s^1$ ) và "bão hòa gấp" ( $\dots 3d^9 4s^2 \rightarrow \dots 3d^{10} 4s^1$ )

$\Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ:

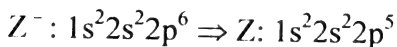
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1 \rightarrow Z = 24 \rightarrow$  Crom (Cr) có 1 ÷ 6 electron hóa trị
- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1 \rightarrow Z = 29 \rightarrow$  Đồng (Cu) có 1 hoặc 2 electron hóa trị

(Chú ý: Đối với các nguyên tố nhóm A thì số electron hóa trị chính là số electron lớp ngoài cùng. Còn các nguyên tố nhóm B thì bao gồm electron lớp ngoài cùng và một số electron ở phân lớp d sát lớp ngoài cùng.

7. a) X:  $1s^2 2s^2 2p^6 \Rightarrow$  X là khí hiếm vì có 8 electron lớp ngoài cùng



$\Rightarrow$  Y là kim loại vì có 2 electron lớp ngoài cùng



$\Rightarrow$  Z là phi kim vì có 7 electron lớp ngoài cùng

b) Cu ( $Z = 29$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^9 \Rightarrow 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1$

Do có 1 electron lớp ngoài cùng nên Cu có hóa trị I. Tuy nhiên, còn 1 electron trên phân lớp 4s nhảy sang phân lớp 3d do hiện tượng "bão hòa gấp" liên kết yếu với obitan 3d nên dễ bị bứt ra khỏi nguyên tử Cu để tạo liên kết với nguyên tử nguyên tố khác nên Cu còn có hóa trị II.

8. Ta có:  $m = m_0 \cdot e^{-kt} \Rightarrow kt = \ln \frac{m_0}{m}$

$$\Rightarrow k = \frac{1}{t} \ln \frac{m_0}{m} = \frac{1}{14} \ln \frac{100}{100 - 6,85} = 0,00507 \text{ (ngày)}$$

$$\text{Chu kì bán huỷ: } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,693}{0,00507} = 136,7 \text{ (ngày)}$$

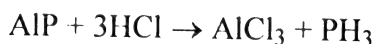
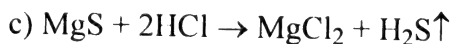
$$\text{Thời gian phân rã 75% là: } t = \frac{1}{0,00507} \ln \frac{100}{100 - 75} = 273,4 \text{ (ngày)}$$

9. a) Nếu  $x \geq 2$  thì  $A + B \leq 14$  trong khoảng này không có cặp kim loại và phi kim nào thỏa mãn.

$$\text{Vậy } x = 1 \Rightarrow A + B = 28$$

$\Rightarrow$  Công thức có thể của X, Y là: KF, CaO, ScN, NaCl, MgS, AlP.

b) Các chất MgS và AlP thỏa mãn X, Y với tính cộng hóa trị cao hơn tính ion do hiệu số độ âm điện  $= 2,5 - 1,2 = 1,3 < 1,7$  và  $2,1 - 1,5 = 0,6 < 1,7$ .



10. a)  $X^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^2$  và  $X: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^3 4s^2 \Rightarrow Z_{X^{3+}} = Z_X = 23$

b) Hai electron ở 3d ứng với giá trị  $n = 3$  và  $l = 2$ .

13. a) Nguyên tố thử kiểm tiếp theo sẽ có số  $Z = 88 + 14 + 10 + 2 + 6 = 120$

(5f) (6d) (8s) (7p)

b)  ${}_{112}\text{Y}$  có cấu hình e:  $[\text{Rn}] 5f^{14}6d^{10}7s^2 \Rightarrow$  Phân lớp 6d bão hòa.

${}_{118}\text{Z}$  có cấu hình e:  $[\text{Rn}] 5f^{14}6d^{10}7s^27p^6 \Rightarrow$  Lớp vỏ có cấu trúc của một khí trơ.

14. a)  $\Sigma p + \Sigma e + \Sigma n = 2Z + N = 108$

Mà:  $1 \leq \frac{N}{Z} \leq 1.5 \Rightarrow \frac{108}{3.5} \leq Z \leq \frac{108}{3} \Rightarrow 30,85 \leq Z \leq 36$

$\Rightarrow Z$  nhận các giá trị từ 31 đến 35.

Cấu hình electron:

• Ga ( $Z = 31$ ):  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^1$

• Ge ( $Z = 32$ ):  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^2$

• As ( $Z = 33$ ):  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^3$

• Se ( $Z = 34$ ):  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^4$

• Br ( $Z = 35$ ):  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^5$

b) Khi biết X thuộc nhóm VA thì có số electron ngoài cùng bằng 5

$\Rightarrow$  Cấu hình electron là:  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^{10}4s^24p^3$

15. a) (1) sai ở phân lớp  $2s^1$  vì chưa đủ electron ở 2s đã điền vào 2p

(2) sai thứ tự  $2p^53s^2$  chưa đủ electron

(3) sai kí hiệu số lượng tử 4 và sai thứ tự s, p ở phần đó

b) Viết đúng:

(1)  $1s^22s^22p^5$  đó là cấu hình electron của F có tính oxi hoá mạnh

(2)  $1s^22s^22p^63s^23p^63d^64s^2$  đó là cấu hình electron của Fe có tính khử

(3)  $1s^22s^22p^63s^23p^6$  đó là cấu hình electron của khí trơ Ne hoặc cation  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  ... có tính oxi hoá yếu hoặc anion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{S}^{2-}$  ... có tính khử.

16. Ta có:  $\%R = 100\% - \%M = 100\% - 52,94\% = 47,06\%$

$$\Rightarrow \frac{xM}{yR} = \frac{52,94}{47,06} = \frac{27}{24} \rightarrow \frac{x(Z_M + N_M)}{y(Z_R + N_R)} = \frac{27}{24} \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } \begin{cases} x + y = 5 & (2) \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_M - Z_M = 1 & (3) \end{cases}$$

$$\begin{cases} N_R = Z_R & (4) \end{cases}$$

$$\begin{cases} x(N_M + 2Z_M) + y(N_R + 2Z_R) = 152 & (5) \end{cases}$$

Thay (3)(4) vào (1) và (5) ta được:

$$\frac{x(2Z_M + 1)}{y.2Z_R} = \frac{27}{24} \rightarrow 48Z_M.x + 24x = 54Z_R.y \quad (6)$$

$$x.3Z_M + x + y.3Z_R = 152 \Rightarrow Z_R.y = \frac{152 - 3Z_M.x - x}{3} \quad (7)$$

$$\text{Thay (7) vào (6) ta rút ra: } Z_M = \frac{2736 - 42x}{102x}$$

Vì x nguyên và  $0 < x < 5 \rightarrow x = 1, 2, 3, 4$

x	1	2	3	4
$Z_M$	26,4	13	8,53	6,29

$\Rightarrow x = 2$  và  $Z_M = 13$  (Al).

Thay x,  $Z_M$  vào (2) và (7) ta tìm được:  $y = 3$ ,  $Z_R = 8$  (O)  $\Rightarrow X$  là  $Al_2O_3$

17. a) Xét cation  $X^+ \equiv [A_x B_y]^+$

$$\text{Theo đề ra ta có hệ: } \begin{cases} x + y = 5 \\ p_A \cdot x + p_B \cdot y = 11 \end{cases} \Rightarrow \bar{p} = \frac{p_A \cdot x + p_B \cdot y}{x + y} = \frac{11}{5} = 2,2$$

$$\text{Giả sử } p_A < p_B \Rightarrow 1 \leq p_A < \bar{p} = 2,2 < p_B \Rightarrow \begin{cases} p_A = 1 \rightarrow H(\text{nhận}) \\ p_A = 2 \rightarrow He(\text{loại}) \end{cases}$$

$$\text{Thay } p_A = 1 \text{ vào hệ trên, ta rút ra: } p_B = 1 + \frac{6}{y} \quad (1 \leq y \leq 4)$$

Do  $p_B \in \mathbb{N} \Rightarrow y = 1$  hoặc  $y = 2$  hoặc  $y = 3$

y	1	2	3
$p_B$	7	4	3

Vì B là một phi kim nên chỉ có cặp nghiệm:  $y = 1$  và  $p_B = 7$  là phù hợp

$\Rightarrow B$  là Nitơ (N)  $\Rightarrow x = 5 - 1 = 4 \Rightarrow$  ion  $X^+$  là  $NH_4^+$

Xét ion  $Y^{2-} \equiv [C_n D_m]^{2-}$  tương tự ta có hệ:

$$\begin{cases} n + m = 5 \\ p_C \cdot n + p_D \cdot m + 2 = 50(*) \end{cases} \Rightarrow \bar{p} = \frac{p_C \cdot n + p_D \cdot m}{n + m} = \frac{48}{5} = 9,6$$

Giả sử  $p_C < p_D \Rightarrow p_C < \bar{p} = 9,6 \Rightarrow C$  thuộc chu kỳ 2. Do C, D thuộc cùng một nhóm và ở hai chu kỳ liên tiếp nên cách nhau 8 ô  $\Rightarrow p_D - p_C = 8$

$$\text{Thay } m = 5 - n \text{ và } p_D = 8 + p_C \text{ vào phương trình (*) ta được: } p_C = \frac{8(1+n)}{5}$$

$$\text{Điều kiện: } \begin{cases} p_C \text{ nguyên} \\ 1 \leq n \leq 4 \end{cases}$$

Ta có bảng sau:

n	1	2	3	4
$p_C$	16/5	24/5	32/5	8

Cặp nghiệm hợp lý là:  $n = 4$  và  $p_C = 8$  (O).

$$\Rightarrow m = 1, p_D = 16 \text{ (S)}.$$

$$\Rightarrow \text{Ion } Y^{2-} \text{ là } SO_4^{2-}.$$

Hợp chất M là  $(NH_4)_2SO_4$ .

18. a) Theo đề ra, phân mức năng lượng cao nhất của hai nguyên tố X, Y lần lượt là  $3d^x$  và  $3p^y \rightarrow X$  là nguyên tố nhóm B, Y là nguyên tố nhóm A. Cả X, Y đều thuộc chu kì 3.

Cấu hình electron của Y là:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^y$  ( $1 \leq y \leq 6$ )  $\rightarrow P_Y = 12 + y$

Trong hạt nhân nguyên tử Y:  $P_Y = N_Y = 12 + y$

y	1	2	3	4	5	6
$P_X$	13	14	15	16	17	18
Kết luận	loại	loại	loại	nhận	loại	loại

$$\Rightarrow y = 4, P_Y = N_Y = 16 \Rightarrow Y \text{ là S } (Z = 16): 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$$

$$\text{Do: } x + y = 10 \Rightarrow x = 10 - y = 10 - 4 = 6$$

Thứ tự phân mức năng lượng của X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$ .

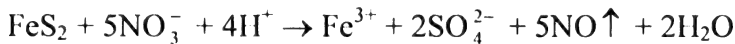
$$\Rightarrow \text{Cấu hình electron: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2 \Rightarrow X \text{ là Fe}$$

b) Đặt CTTQ của A là:  $Fe_n S_m$

Theo đề ra ta có phương trình:

$$26n + 16m = 58 \Rightarrow m = \frac{58 - 26n}{16} \leq 1 \Rightarrow 1 \leq n \leq 1,615 \Rightarrow n = 1 \text{ và } m = 2$$

$$\Rightarrow A \text{ là } FeS_2$$



19. Theo biểu thức  $H = -\frac{dN}{dt} = kN = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

$$\text{Trong đó } N \text{ là số nguyên tử Ra, còn } k = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \Rightarrow N = \frac{3,7 \cdot 10^{10}}{0,693} \cdot t_{1/2}$$

$$\text{và } t_{1/2} = 1590.365.24.60.60 = 5,014 \cdot 10^{10} \text{ giây}$$

$$\Rightarrow m_{Ra} = \frac{226N}{6,022 \cdot 10^{23}} = \frac{226 \cdot 3,7 \cdot 10^{10} \cdot 5,014 \cdot 10^{10}}{0,693 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}} = 1 \text{ gam}$$

20. Vì X là phi kim nên  $l = 1$  và  $n \leq 2$ .

$$\text{Theo đề ra ta có: } n + l + m_l + m_s = 2,5$$

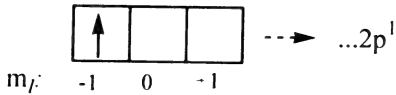
$$\text{Thay } l = 1 \text{ vào ta được: } n + m_l + m_s = 1,5$$

Ta thấy  $m_s$  chỉ nhận một trong hai giá trị  $+1/2$  hoặc  $-1/2$ ,  $m_l$  chỉ nhận một trong ba giá trị  $+1, 0, -1$ .

$$\text{- Nếu } m_s = +1/2 \Rightarrow n + m_l = 1. \text{ Do } n \leq 2 \text{ nên suy ra: } n = 2 \text{ và } m_l = -1.$$



⇒ Cấu hình electron lớp ngoài cùng:

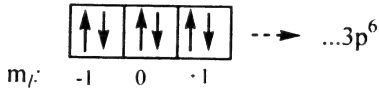


⇒ Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^1 \Rightarrow X$  là bo (B).

- Nếu  $m_s = -1/2 \Rightarrow n + l + m_l = 3$ . Vì  $l = 1 \Rightarrow n + m_l = 2$  ( $n \geq 2$ )

⇒  $-1 \leq m_l \leq 0 \Rightarrow m_l = -1$  ứng với  $n = 3$  hoặc  $m_l = 0$  ứng với  $n = 2$

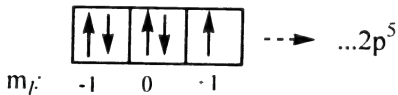
• Nếu  $n = 3, l = 1, m_l = -1, m_s = -1/2 \Rightarrow$  Cấu hình electron lớp ngoài cùng:



⇒ Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  ( $Z = 18$ )

⇒ X là argon (Ar) loại vì Ar là khí hiếm.

• Nếu  $n = 2, l = 1, m_l = 0, m_s = -1/2 \Rightarrow$  Cấu hình electron lớp ngoài cùng:



⇒ Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^5$  ( $Z = 9$ ) ⇒ X là Flo (F).

21.  $t = 48$  giờ = 2 ngày đêm

Áp dụng biểu thức tốc độ của phản ứng một chiều bậc một cho phản ứng phóng xạ, ta có:

$$k = \frac{0,693}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{2,7} = 0,257 \text{ (ngày đêm)}^{-1}$$

Từ phương trình động học của phản ứng một chiều bậc nhất, ta có:

$$N = N_0 e^{-kt} \Rightarrow \frac{N}{N_0} = e^{-kt} = e^{-0,257 \cdot 2} = 0,598$$

Như vậy, sau 48 giờ độ phóng xạ của mẫu ban đầu còn là

$$H = kN_0 e^{-kt} = H_0 e^{-\lambda t} = 4.0.598 = 2,392 \text{ (mCi)}$$

⇒ Số gam dung môi trơ cần dùng là:  $\frac{2,392}{0,5} - 1 = 3,784 \text{ (gam)}$

$$22. \text{ Ta có: } k = \frac{0,693}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{4,51 \cdot 10^9} = 1,54 \cdot 10^{-10} \text{ (năm)}^{-1}$$

Số nguyên tử ban đầu của  $^{238}_{92}\text{U}$ :

$$N_0 = \frac{m_0 \cdot N_A}{238} = \frac{13,2 \cdot 10^{-6} \cdot N_A}{238}$$

Số nguyên tử  $^{238}_{92}\text{U}$  còn lại sau thời gian  $t$  phân rã:  $N = N_0 e^{-kt}$

$$\Rightarrow \Delta N = N_0 - N = N_0(1 - e^{-kt}) = \frac{13,2 \cdot 10^{-6} \cdot N_A (1 - e^{-kt})}{238}$$

Từ phương trình phân rã:  $^{238}_{92}\text{U} \rightarrow ^{206}_{82}\text{Pb} + 6^4_2\text{He} + 8^1_0\text{n} + 2\beta^-$

$\Rightarrow$  Số nguyên tử  $^{238}_{92}\text{U}$  bị phân rã cũng chính là số nguyên tử  $^{206}_{82}\text{Pb}$  tạo thành:

$$\frac{13,2 \cdot 10^{-6} \cdot N_A (1 - e^{-kt})}{238} = \frac{3,42 \cdot 10^{-6} \cdot N_A}{206}$$

$$\Rightarrow t = -\frac{1}{k} \ln\left(1 - \frac{238 \cdot 3,42}{206 \cdot 13,2}\right) = -\frac{1}{1,54 \cdot 10^{-10}} \ln\left(1 - \frac{238 \cdot 3,42}{206 \cdot 13,2}\right) = 2,31 \cdot 10^9 \text{ năm}$$

**23.** Phương trình phản ứng phân hạch:  $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{146}_{57}\text{La} + ^{87}_{35}\text{Br} + 3^1_0\text{n}$

$$\Delta m = 235,044 - (145,943 + 86,912 + 2 \cdot 1,00862) = 0,17176 \text{ u}$$

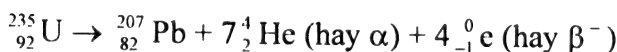
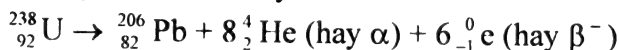
$$\Delta E = \Delta mc^2 = 0,17176 \cdot 1,6605 \cdot 10^{-27} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,567 \cdot 10^{-11} \text{ J}$$

**24. a)** Phương trình phân rã:  $^{60}_{27}\text{Co} \rightarrow ^{60}_{28}\text{Ni} + ^0_{-1}\text{e} + \gamma$

b) Khối lượng  $^{60}\text{Co}$  còn lại sau thời gian  $t = 30$  năm phân rã là

$$m = \frac{m_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{3,42 \cdot 10^{-3}}{2^{\frac{30}{5,27}}} = 6,61 \cdot 10^{-5} \text{ gam}$$

**25. a)** Khi xảy ra phân rã  $\beta^-$ , nguyên tử khối không thay đổi. Khi xảy ra 1 phân rã  $\alpha$ , nguyên tử khối thay đổi 4u.



b) Điều này xảy ra khi tiếp sau một phân rã  $\alpha$  ( $Z = 2$ ) là hai phân rã  $\beta$  ( $Z = -2$ ) liên tiếp).

**26. •** Với cách viết 1:  $[\text{Ar}]3d^8$

$$E_{1s} = -13,6 \frac{(28 - 0,3)^2}{1^2} = -10435,1 \text{ eV}$$

$$E_{2s, 2p} = -13,6 \frac{(28 - 0,85 \cdot 2 - 7,0,35)^2}{2^2} = -1934,0 \text{ eV}$$

$$E_{3s, 3p} = -13,6 \frac{(28 - 1,2 - 0,85 \cdot 8 - 7,0,35)^2}{3^2} = -424,0 \text{ eV}$$

$$E_{3d} = -13,6 \frac{(28 - 1,18 - 7,0,35)^2}{3^2} = -86,1 \text{ eV}$$

$$\Rightarrow E_I = 2E_{1s} + 8E_{2s, 2p} + 8E_{3s, 3p} + 8E_{3d} = -40423,0 \text{ eV}$$

- Với cách viết 2:  $[\text{Ar}]3d^6 4s^2$

$E_{1s}, E_{2s, 2p}, E_{3s, 3p}$  có kết quả như trên.

Ngoài ra:

$$E_{3d} = -13,6 \frac{(28 - 1,18 - 5,0,35)^2}{3^2} = -102,85 \text{ eV}$$

$$E_{4s} = -13,6 \frac{(28 - 1,10 - 14,0,85 - 0,35)^2}{3,7^2} = -32,8 \text{ eV}$$

$$\Rightarrow E_2 = -40417,2 \text{ eV}$$

•  $E_1$  thấp (âm) hơn  $E_2$ , do đó cách viết 1 ứng với trạng thái bền hơn. Kết quả thu được phù hợp với thực tế là ở trạng thái cơ bản ion  $\text{Ni}^{2+}$  có cấu hình electron  $[\text{Ar}]3d^8$ .

27. Số nguyên tử  $^{40}\text{K}$  ban đầu có trong 2,71 gam mẫu vật phóng xạ KCl là

$$N_0 = \frac{2,71 \cdot 0,0117 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{74,5} = 2,56 \cdot 10^{20} \text{ nguyên tử}$$

$$\text{Tốc độ phân rã ban đầu: } H_0 = kN_0 \Rightarrow k = \frac{H_0}{N_0} = \frac{0,693}{t_{1/2}}$$

$$\Rightarrow t_{1/2} = \frac{0,693 N_0}{H_0} = \frac{0,693 \cdot 2,56 \cdot 10^{20}}{4490} = 3,95 \cdot 10^{16} \text{ giây.}$$

T rất lớn nên lượng  $^{40}\text{K}$  tồn tại trong cơ thể người rất ít.

## CHUYÊN ĐỀ 2.

## BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ HOÁ HỌC VÀ ĐỊNH LUẬT TUẦN HOÀN

### A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

#### I. CẤU TẠO BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ HÓA HỌC

##### 1. Ô nguyên tố

Mỗi nguyên tố hoá học được xếp vào một ô của bảng, gọi là ô nguyên tố.

$$\text{Số thứ tự nguyên tố} = Z = \Sigma p = \Sigma e$$

##### 2. Chu kì

*Chu kì là dãy các nguyên tố mà nguyên tử của chúng có cùng số lớp electron, được sắp xếp theo chiều điện tích hạt nhân tăng dần.*

$$\text{Số thứ tự của chu kì} = \text{Số lớp electron}$$

Bảng tuần hoàn có 7 chu kì.

- Chu kì nhỏ: Có 3 chu kì.

Chu kì 1: 2 nguyên tố  ${}_1\text{H} \Rightarrow {}_2\text{He}$  1 lớp electron ( $n = 1$ )

Chu kì 2: 8 nguyên tố  ${}_3\text{Li} \Rightarrow {}_{10}\text{Ne}$  2 lớp electron ( $n = 2$ )

Chu kì 3: 8 nguyên tố  ${}_{11}\text{Na} \Rightarrow {}_{18}\text{Ar}$  3 lớp electron ( $n = 3$ )

• Chu kì lớn: Có 4 chu kì.

Chu kì 4: 18 nguyên tố  ${}_{19}\text{K} \Rightarrow {}_{36}\text{Kr}$  4 lớp electron ( $n = 4$ )

Chu kì 5: 32 nguyên tố  ${}_{37}\text{Rb} \Rightarrow {}_{54}\text{Xe}$  5 lớp electron ( $n = 5$ )

Chu kì 6: 32 nguyên tố  ${}_{55}\text{Cs} \Rightarrow {}_{86}\text{Rn}$  6 lớp electron ( $n = 6$ )

Chu kì 7 mới có 23 nguyên tố  ${}_{87}\text{Fr} \Rightarrow$  nguyên tố thứ 110:

7 lớp electron ( $n = 7$ )

- Ở chu kì 5, 14 nguyên tố sau La (có  $Z$  từ 58  $\rightarrow$  71) được đưa ra khỏi bảng, lập thành họ Lantan. Ở chu kì 6, 14 nguyên tố sau Ac (có  $Z$  từ 90  $\rightarrow$  103) được đưa ra khỏi bảng, lập thành họ Actini.

### 3. Nhóm nguyên tố

*Nhóm nguyên tố là tập hợp các nguyên tố mà nguyên tử có cấu hình electron tương tự nhau, do đó có tính chất hoá học gần giống nhau và được sắp xếp thành một cột.*

Nguyên tử các nguyên tố trong cùng một nhóm có số electron hoá trị bằng nhau và bằng số thứ tự của nhóm (trừ một số trường hợp ngoại lệ).

Bảng tuần hoàn có 18 cột được chia thành 8 nhóm A đánh số từ IA đến VIIIA và 8 nhóm B đánh số từ IB đến VIIIB. Mỗi nhóm là một cột, riêng nhóm VIIIB gồm 3 cột.

• **Nhóm A (Nhóm chính).** Gồm các nguyên tố s và p

Khỏi các nguyên tố s gồm các nguyên tố nhóm IA và nhóm IIA.

*Nguyên tố s là những nguyên tố mà nguyên tử có electron cuối cùng được điền vào phân lớp s.*

*Thí dụ:*

Na ( $Z = 11$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ; Mg ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

Khỏi các nguyên tố p gồm các nguyên tố thuộc các nhóm từ IIIA đến VIIIA (trừ He).

*Nguyên tố p là những nguyên tố mà nguyên tử có electron cuối cùng được điền vào phân lớp p.*

*Thí dụ:*

Al ( $Z = 13$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ ; P ( $Z = 15$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ ;

S ( $Z = 16$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

Nguyên tử của các nguyên tố thuộc nhóm A có cấu electron ngoài cùng là  $ns^x np^y$

Số thứ tự (STT) của nhóm A =  $x + y$

*Thí dụ:* K ( $Z = 19$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^1 \Rightarrow$  K thuộc nhóm IA

Cl ( $Z = 17$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \Rightarrow$  Cl thuộc nhóm VIIA

• **Nhóm B (Nhóm phụ).** Gồm các nguyên tố d và f

*Nguyên tố d là các nguyên tố mà nguyên tử có electron cuối cùng được điền vào phân lớp d.*

Nguyên tử các nguyên tố d có cấu hình electron hoá trị:  $(n-1)d^x ns^y$ . Số thứ tự nhóm được xác định như sau:

+ Nếu  $3 \leq x+y \leq 7 \Rightarrow$  STT nhóm =  $x+y$

+ Nếu  $x+y = 8, 9, 10 \Rightarrow$  STT nhóm = 8

+ Nếu  $x+y > 10 \Rightarrow$  STT nhóm =  $(x+y) - 10$

*Thí dụ:* Cr ( $Z = 24$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1 \Rightarrow$  Cr thuộc nhóm VIB vì  $5+1=6$ .

Ni ( $Z = 28$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2 \Rightarrow$  Ni thuộc nhóm VIIIB

Zn ( $Z = 30$ )  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2$

$\Rightarrow$  Zn thuộc nhóm IIB vì  $(10+2) - 10 = 2$ .

Khỏi các nguyên tố f gồm các nguyên tố xếp thành hai hàng ở cuối bảng. Chúng gồm 14 nguyên tố họ Lantan (từ Ce ( $Z = 58$ ) đến Lu ( $Z = 71$ )) và 14 nguyên tố họ Actini (từ Th ( $Z = 90$ ) đến Lr ( $Z = 103$ )).

*Nguyên tố f là các nguyên tố mà nguyên tử có electron cuối cùng được điền vào phân lớp f.*

**Chú ý:** Với nguyên tử có cấu hình phân lớp ngoài cùng  $(n-1)d^a ns^b$  thì b luôn bằng 2, a chọn các giá trị từ  $1 \Rightarrow 10$ . Trừ hai trường hợp sau:

•  $a+b = 6$  thay vì  $a = 4$  và  $b = 2$  phải viết  $a = 5$  và  $b = 1$  (hiện tượng "bán bão hòa gấp phân lớp d")

•  $a+b = 11$  thay vì  $a = 9$  và  $b = 2$  phải viết  $a = 10$  và  $b = 1$  (hiện tượng "bão hòa gấp phân lớp d").

- Hai nguyên tố A và B thuộc cùng một nhóm và ở hai chu kì liên tiếp (trừ H và Li) thì luôn cách nhau 8 ô và 18 ô. Thông thường bài toán cho thêm tổng số hạt proton (hoặc điện tích hạt nhân) của A là B (chẳng hạn m). Khi đó để tìm  $Z_A$  và  $Z_B$  ( $Z_A < Z_B$ ) ta chỉ việc giải hai hệ phương trình sau, lựa chọn nghiệm phù hợp.

$$\begin{cases} Z_A + Z_B = m \\ Z_B - Z_A = 8 \end{cases} \text{ hoặc } \begin{cases} Z_A + Z_B = m \\ Z_B - Z_A = 18 \end{cases}$$

- Nếu đề cho A và B thuộc hai nhóm liên tiếp thì ta xét hai khả năng.

+) *Trường hợp 1:* A, B thuộc cùng một chu kì tức là khi đó ta có hệ:

$$\begin{cases} Z_A + Z_B = m \\ Z_B - Z_A = 1 \end{cases}$$

+) *Trường hợp 2:* A, B không thuộc cùng chu kì. Khi đó chúng cách nhau 7 ô; 9 ô; 17 ô hoặc 19 ô. Như vậy ta cần tìm nghiệm phù hợp của 4 hệ phương trình sau:

$$\begin{cases} Z_A + Z_B = m \\ Z_B - Z_A = 7 \end{cases} \text{ (I); } \begin{cases} Z_A + Z_B = m \\ Z_B - Z_A = 9 \end{cases} \text{ (II); } \begin{cases} Z_A + Z_B = m \\ Z_B - Z_A = 17 \end{cases} \text{ (III); } \begin{cases} Z_A + Z_B = m \\ Z_B - Z_A = 19 \end{cases} \text{ (IV)}$$

Nếu chứng minh được A, B thuộc chu kì nhỏ thì ta chỉ việc giải hệ (I) và (II).  
 - Nếu đề cho A hoặc B thuộc nhóm nào đó rồi thì căn cứ vào phương trình  $Z_A + Z_B = m$  ta tìm những giá trị phù hợp của  $Z_A$  hoặc  $Z_B$  rồi suy ra giá trị  $Z$  còn lại.

## II. SỰ BIẾN ĐỔI TUẦN HOÀN CẤU HÌNH ELECTRON NGUYÊN TỬ VÀ MỘT SỐ ĐẠI LƯỢNG VẬT LÝ CỦA CÁC NGUYÊN TỐ HÓA HỌC

### 1. Cấu hình electron

Sự biến đổi tuần hoàn cấu hình electron lớp ngoài cùng của nguyên tử các nguyên tố khi điện tích hạt nhân tăng dần chính là nguyên nhân của sự biến đổi tuần hoàn tính chất của các nguyên tố.

### 2. Bán kính nguyên tử

Trong một chu kì, tuy nguyên tử các nguyên tố có cùng số lớp electron, nhưng khi điện tích hạt nhân tăng, lực hút giữa hạt nhân với các electron lớp ngoài cùng cũng tăng theo, do đó bán kính nguyên tử nói chung giảm dần. *Thí dụ:*

Chu kì 2	Li	Be	B	C	N	O	F
Bán kính nguyên tử ( $r_{nt}$ ) ( $\text{\AA}^0$ )	0,123	0,089	0,080	0,077	0,070	0,066	0,064

Trong một nhóm A, theo chiều từ trên xuống dưới, số lớp electron tăng dần, bán kính nguyên tử của các nguyên tố tăng theo, mặc dù điện tích hạt nhân tăng nhanh. *Thí dụ:*

Nhóm VIIA	F	Cl	Br	I
Bán kính nguyên tử ( $r_{nt}$ ) ( $\text{\AA}^0$ )	0,004	0,099	0,114	0,133

*Vậy:* Bán kính nguyên tử của các nguyên tố nhóm A biến đổi tuần hoàn theo chiều tăng của điện tích hạt nhân.

### 3. Năng lượng ion hoá

Năng lượng ion hoá thứ nhất ( $I_1$ ) của nguyên tử là năng lượng tối thiểu cần để tách electron thứ nhất ra khỏi nguyên tử ở trạng thái cơ bản.

Năng lượng ion hoá được tính bằng kJ/mol hoặc electron - von (viết tắt là eV).  
 $1\text{eV} = 1,602.10^{-19} \text{ J}$

*Thí dụ:*  $\text{H} \rightarrow \text{H}^+ + 1\text{e} \quad I_1 = 1312 \text{ kJ/mol}$   
 $\text{Ca} \rightarrow \text{Ca}^+ + 1\text{e} \quad I_1 = 590 \text{ kJ/mol}$

Trong một chu kì, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân, lực liên kết giữa hạt nhân và electron lớp ngoài cùng tăng, làm cho năng lượng ion hoá nói chung cũng tăng theo.

*Thí dụ:*

Chu kì 2	Li	Be	B	C	N	O	F
Năng lượng ion hóa $I_1$ (KJ/mol)	520	889	801	1086	1402	1314	1681

Trong cùng một nhóm A, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân, khoảng cách giữa electron lớp ngoài cùng đến hạt nhân tăng, lực liên kết giữa hạt nhân và electron lớp ngoài cùng giảm, làm cho năng lượng ion hoá nói chung giảm.

*Thí dụ:*

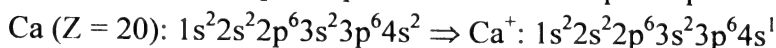
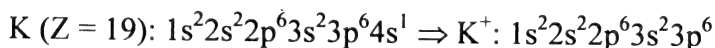
Nhóm IA	H	Li	Na	K	Rb	Cs
Năng lượng ion hóa $I_1$ (KJ/mol)	1312	520	497	419	403	376

**Vậy:** Năng lượng ion hoá thứ nhất của nguyên tử các nguyên tố nhóm A biến đổi tuần hoàn theo chiều tăng của điện tích hạt nhân.

Năng lượng ion hoá thứ 2, thứ 3 được kí hiệu  $I_2$ ,  $I_3$  là năng lượng cần thiết để tách electron thứ 2, 3 ra khỏi các ion tương ứng. Giá trị của chúng lớn hơn năng lượng ion hoá thứ nhất và không theo quy luật như năng lượng ion hoá thứ nhất.

*Thí dụ:* Biết năng lượng ion hoá thứ nhất ( $I_1$ ) của K ( $Z = 19$ ) nhỏ hơn so với Ca ( $Z = 20$ ); ngược lại năng lượng ion hoá thứ hai ( $I_2$ ) của K lại lớn hơn Ca. Hãy giải thích tại sao có sự ngược nhau đó.

**Giải**



Việc tách một electron ra khỏi phân lớp chưa bão hoà  $4s^1$  trong nguyên tử K dễ hơn việc tách một electron ra khỏi phân lớp bão hoà  $4s^2$  trong nguyên tử Ca nên  $I_1(\text{K}) < I_1(\text{Ca})$ .

Tuy vậy, khi mất một electron thì  $\text{K}^+$  có cấu hình electron bền vững của khí trơ Ar nên việc bắt tiếp một electron từ cấu hình bền vững của  $\text{K}^+$  phải tiêu tốn năng lượng hơn nhiều so với việc bắt tiếp một electron từ cấu hình kém bền của  $\text{Ca}^+$ . Vì vậy:  $I_2(\text{K}) > I_2(\text{Ca})$

Tuy nhiên, ở đây có một số ngoại lệ khi đi từ nhóm IIA đến nhóm IIIA, cũng như từ VA đến VIA lại có sự giảm năng lượng ion hoá. *Thí dụ:*

$$I_1(\text{B}) = 801 \text{ (kJ/mol)} < I_1(\text{Be}) = 899 \text{ (kJ/mol)} \text{ nhưng } Z_{\text{B}} = 5 > Z_{\text{Be}} = 4$$

Điều này được giải thích là do việc tách một electron từ phân lớp  $2p^1$  chưa bão hoà trong nguyên tử B dễ hơn việc tách 1 electron từ phân lớp  $2s^2$  đã bão hoà trong nguyên tử Be.

Năng lượng ion hoá của nguyên tử phụ thuộc vào những yếu tố:

Điện tích hạt nhân hiệu dụng  $Z^*$ :  $Z^* = Z - \sum b_i$

Số lượng tử chính  $n$

Mức độ xâm nhập của electron bên ngoài các AO bên trong.

Biểu thức tính:  $I = E_\infty - E_c = -E_c = 13,6 \frac{Z^{*2}}{n^2} \text{ (eV)}$

$E_c$ : năng lượng của electron bị tách ra khỏi nguyên tử khi bị ion hoá

$E_\infty$ : năng lượng của electron ở xa vô cùng đối với nguyên tử  $E_\infty = 0$

**Ví dụ:** Trong nguyên tử hoặc ion dương tương ứng có từ 2 electron trở lên, electron chuyển động trong trường lực được tạo ra từ hạt nhân nguyên tử và các electron khác. Do đó mỗi trạng thái của một cấu hình electron có một trị số năng lượng. Với nguyên tố B (số đơn vị điện tích hạt nhân  $Z = 5$ ) ở trạng thái cơ bản có số liệu như sau:

Cấu hình electron	Năng lượng (theo eV)	Cấu hình electron	Năng lượng (theo eV)
$1s^1$	-340,000	$1s^2 2s^2$	- 660,025
$1s^2$	- 600,848	$1s^2 2s^2 2p^1$	- 669,800
$1s^2 2s^1$	- 637,874		

Trong đó: eV là đơn vị năng lượng; dấu - biểu thị năng lượng tính được khi electron còn chịu lực hút hạt nhân.

a) Hãy trình bày chi tiết và kết quả tính các trị số năng lượng ion hoá có thể có của nguyên tố B theo eV khi dùng dữ kiện cho trong bảng trên.

b) Hãy nêu nội dung và giải thích qui luật liên hệ giữa các năng lượng ion hoá đó.

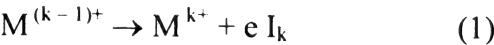
***Giải***

a) Tính các trị năng lượng ion hoá có thể có của B

Từ cấu hình electron đã cho, ta xác định được các vi hạt tương ứng cùng với trị năng lượng như sau:

Cấu hình electron	Vi hạt	Năng lượng (theo eV)	Cấu hình electron	Vi hạt	Năng lượng (theo eV)
$1s^1$	$B^{4+}$	- 340,000	$1s^2 2s^2$	$B^+$	- 660,025
$1s^2$	$B^{3+}$	- 600,848	$1s^2 2s^2 2p^1$	B	- 669,800
$1s^2 2s^1$	$B^{2+}$	- 637,874			

Với sự ion hoá:



Ta có liên hệ:

$$I_k = -E_c = -[E_{M^{(k-1)+}} - E_{M^{k+}}] \quad (2)$$



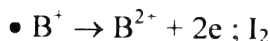
Trong đó:  $k$  chỉ số electron đã bị mất (do sự ion hoá) của vi hạt được xét, có trị số từ 1 đến  $n$ ; do đó  $k +$  chỉ số đơn vị điện tích dương của ion  $M^{k+}$ ;

$I_k$  là năng lượng ion hoá thứ  $k$  của nguyên tố  $M$  được biểu thị theo (1).

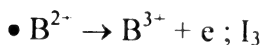
Xét cụ thể với nguyên tố B: Vì  $Z = 5$  nên nguyên tử có 5 electron. Vậy  $k = 1$  đến 5. Áp dụng phương trình (1) và (2), dùng số dữ kiện bảng trên cho B, ta có:



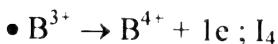
$$I_1 = - (E_{B^+} - E_{B^0}) = - (-669,800 + 660,025) = 9,775 \text{ eV}$$



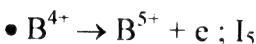
$$I_2 = - (E_{B^{2+}} - E_{B^+}) = - (-660,025 + 637,874) = 22,151 \text{ eV}$$



$$I_3 = - (E_{B^{3+}} - E_{B^{2+}}) = - (-637,874 + 600,848) = 37,026 \text{ eV}$$



$$I_4 = - (E_{B^{4+}} - E_{B^{3+}}) = - (-600,848 + 340,000) = 260,848 \text{ eV}$$



$$I_5 = - (E_{B^{5+}} - E_{B^{4+}}) = - (-340,000 + 0,000) = 340,000 \text{ eV}$$

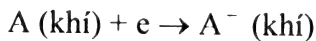
b) Từ kết quả trên, ta thấy có qui luật liên hệ các trị năng lượng ion hoá của B như sau:

$$I_1 < I_2 < I_3 < I_4 < I_5 \quad (3)$$

*Giải thích:* Khi vi hạt  $M^{(k-1)+}$  mất thêm 1 electron tạo thành  $M^{k+}$  có số đơn vị điện tích  $k +$  lớn hơn  $(k - 1) +$  nên lực hút tác dụng lên electron tiếp theo trong vi hạt  $M^{k+}$  mạnh hơn so với trong  $M^{(k-1)+}$ . Do đó phải tốn năng lượng lớn hơn để tách 1 electron tiếp theo khỏi  $M^{k+}$ ; nghĩa là  $I_{(k-1)} < I_k$  như đã được chỉ ra trong (3) trên đây.

#### 4. Ái lực electron

*Là năng lượng toả ra hay hấp thụ khi một nguyên tử trung hoà ở trạng thái khí nhận một electron để trở thành một ion mang điện 1- cũng nằm ở trạng thái đó.* Như vậy, ái lực electron là hiệu ứng năng lượng của quá trình:



Kí hiệu ái lực electron là  $E$ .

Ái lực electron của một mol nguyên tử được tính bằng kJ/mol hoặc eV.

Người ta quy ước đặt dấu (-) cho ái lực electron khi có sự toả năng lượng và dấu (+) khi có sự hấp thụ năng lượng từ bên ngoài.

Phần lớn các nguyên tố hoá học có ái lực electron âm, nhưng các nguyên tố nhóm IIA, IIB và các khí trơ có ái lực electron dương.

*Ví dụ:* Ái lực electron  $E$  của một số nguyên tố ( $A (\text{khí}) + e \rightarrow A^- (\text{khí})$ ) như sau:

Nguyên tố	E (eV)
H	-0,747
F	-3,450
Cl	-3,610
Br	-3,360
I	-3,060
O	-1,470
S	-2,070

Nguyên tố	E (eV)
P	-0,700
C	-1,250
Si	-1,630
B	-0,200
Be	+0,600
Mg	+0,300
N	+0,100

Quy luật biến thiên ái lực electron theo chiều tăng của điện tích hạt nhân nguyên tử các nguyên tố hoá học không thật rõ rệt và nhất quán như các quy luật tìm thấy đối với độ âm điện và năng lượng ion hoá.

Tuy nhiên, cũng có thể rút ra một số nhận xét sau đây:

- Nhìn chung các phi kim có ái lực electron mang dấu âm với giá trị tuyệt đối lớn hơn kim loại. Các halogen có ái lực electron âm với giá trị tuyệt đối lớn hơn ở các nguyên tố khác của bảng tuần hoàn, vì nhóm nguyên tố này dễ thu thêm electron. Khí hiếm có lớp electron ngoài cùng bão hoà (hoặc giả bão hoà), chúng khó thu thêm electron nên có ái lực electron dương.

- Trong phần lớn trường hợp, trong một nhóm A, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân ái lực electron âm có giá trị tuyệt đối giảm dần.

- Trong một chu kì, nhìn chung giá trị tuyệt đối của ái lực electron âm tăng dần theo tăng của điện tích hạt nhân. Nhưng các khí hiếm lại có ái lực electron dương.

## 5. Độ âm điện

*Độ âm điện của một nguyên tử đặc trưng cho khả năng hút electron của các nguyên tử đó khi tạo thành liên kết hoá học.*

*Trong một chu kì, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân, độ âm điện của nguyên tử các nguyên tố tăng dần.*

*Trong cùng một nhóm A, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân, độ âm điện của nguyên tử các nguyên tố thường giảm dần.*

Nhóm Chu kì	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
1	H 2,20						
2	Li 0,98	Be 1,57	B 2,04	C 2,55	N 3,04	O 3,44	F 3,98
3	Na 0,93	Mg 1,31	Al 1,61	Si 1,90	P 2,19	S 2,58	Cl 3,16
4	K 0,82	Ca 1,00	Ga 1,81	Ge 2,01	As 2,18	Se 2,55	Br 2,96

5	Rb 0,82	Sr 0,95	In 1,78	Sn 1,96	Sb 2,05	Te 2,10	I 2.66
6	Cs 0,79	Ba 0,89	Tl 1,62	Pb 2,33	Bi 2,02	Po 2,00	At 2,20

**Vậy:** Độ âm điện của nguyên tử các nguyên tố nhóm A biến đổi tuần hoàn theo chiều tăng của điện tích hạt nhân.

a) Hệ thống độ âm điện của Muliken:  $\chi = \frac{I + E}{2}$

Quy ước lấy độ âm điện của Li đơn vị:  $\chi_{Li} = 128 \text{ Kcal/mol} = 523 \text{ KJ/mol}$   
 Với quy ước này độ âm điện của các nguyên tố khác được tính bằng hệ thức sau:

$$\chi = \frac{I + E}{128 \text{ Kcal/mol}} = \frac{I + E}{523 \text{ KJ/mol}}$$

b) Hệ thống độ âm điện của Pau-linh

Dựa trên cơ sở của năng lượng phân li liên kết:

$$\Delta = E_{D(A-B)} - \sqrt{E_{D(A-A)} \cdot E_{D(B-B)}}$$

$$\chi_A - \chi_B = k \sqrt{\Delta} = 0,208 \sqrt{\Delta(\text{Kcal/mol})} = 0,102 \sqrt{\Delta(\text{KJ/mol})}$$

- Trong đó:  $\chi_A, \chi_B$ : Độ âm điện của nguyên tố A, B  
 $E_{D(A-B)}$ : Năng lượng phân li của A-B  
 $E_{D(A-A)}, E_{D(B-B)}$ : Năng lượng phân ly của A-A, B-B  
 k: Hệ số tỉ lệ

Nếu đơn vị tính là Kcal.mol<sup>-1</sup> thì k = 0,208

Nếu đơn vị tính là KJ/mol thì k = 0,102

**Thí dụ:** Tính độ âm điện cho nguyên tử của các nguyên tố halogen: F ; Cl ; Br; I.  
**Biết:**

Hợp chất	H <sub>2</sub>	F <sub>2</sub>	Cl <sub>2</sub>	Br <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	HF	HCl	HBr	HI
E <sub>D</sub> (Kcal/mol)	104,2	37,5	58	46,1	36,1	135	103,1	87,4	71,1

Cho  $\chi_{H} = 2,20$

***Giải***

Áp dụng công thức:  $\chi_A - \chi_B = 0,208 \sqrt{\Delta(\text{Kcal/mol})}$

$$\Delta_{AB} = E_{D(A-B)} - \sqrt{E_{D(A-A)} \cdot E_{D(B-B)}}$$

Thay các giá trị bằng số vào các công thức trên ta thu được kết quả ở bảng dưới đây:

Nguyên tố	F	Cl	Br	I
$\Delta_{AB}$	62,51	77,74	12,3	1,24
$0,208 \sqrt{\Delta_{AB}}$	1,77	1,83	0,73	0,23
$\chi_A$	3,99	3,52	2,93	2,43

III. SỰ BIẾN ĐỔI TUẦN HOÀN TÍNH KIM LOẠI, TÍNH PHI KIM CỦA CÁC NGUYÊN TỐ HÓA HỌC, ĐỊNH LUẬT TUẦN HOÀN

Khi điện tích hạt nhân tăng dần, số electron ở lớp vỏ ngoài cùng biến đổi một cách tuần hoàn. Đó là nguyên nhân làm cho tính chất của các nguyên tố biến đổi tuần hoàn.

1. Sự biến đổi tuần hoàn tính kim loại, tính phi kim

- *Tính kim loại là tính chất của một nguyên tố mà nguyên tử của nó dễ nhường electron để trở thành ion dương.* Nguyên tử của nguyên tố nào càng dễ nhường electron thì tính kim loại của nguyên tố đó càng mạnh.

- *Tính phi kim là tính chất của một nguyên tố mà nguyên tử của nó dễ nhận electron để trở thành ion âm.* Nguyên tử của nguyên tố nào càng dễ nhận electron thì tính phi kim của nguyên tố đó càng mạnh.

- *Trong mỗi chu kì, theo chiều tăng dần của điện tích hạt nhân, tính kim loại của các nguyên tố giảm dần, đồng thời tính phi kim tăng dần.*

*Giải thích:* Trong cùng một chu kì, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân (từ trái sang phải) thì năng lượng ion hóa, độ âm điện tăng dần đồng thời bán kính nguyên tử giảm dần  $\Rightarrow$  khả năng nhường electron giảm dần (tính kim loại giảm dần), đồng thời khả năng nhận electron tăng dần (tính phi kim tăng dần).

- *Trong nhóm A, theo chiều tăng dần của điện tích hạt nhân, tính kim loại của các nguyên tố tăng dần, đồng thời tính phi kim giảm dần.*

*Giải thích:* Trong cùng nhóm A, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân (từ trên xuống dưới) thì năng lượng ion hóa, độ âm điện giảm dần đồng thời bán kính nguyên tử tăng dần  $\Rightarrow$  khả năng nhường electron tăng dần (tính kim loại tăng dần), đồng thời khả năng nhận electron giảm dần (tính phi kim giảm dần).

*Nhận xét:* Tính kim loại, tính phi kim của các nguyên tố nhóm A biến đổi tuần hoàn theo chiều tăng của điện tích hạt nhân.

2. Sự biến đổi về hóa trị của các nguyên tố

Trong một chu kì, đi từ trái sang phải, hóa trị cao nhất của các nguyên tố với oxi lần lượt tăng từ 1 đến 7, còn hóa trị với hidro của các phi kim giảm từ 4 đến 1.

*Thí dụ:* Sự biến đổi tuần hoàn hóa trị của các nguyên tố ở chu kì 2 và 3

Số thứ tự nhóm A	IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA
Hợp chất với oxi	Na <sub>2</sub> O K <sub>2</sub> O	MgO CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub> GeO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub> SeO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub> Br <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Hóa trị cao nhất với oxi	1	2	3	4	5	6	7
Hợp chất khí với hidro				SiH <sub>4</sub> GeH <sub>4</sub>	PH <sub>3</sub> AsH <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> S H <sub>2</sub> Se	HCl HBr
Hoá trị với hidro				4	3	2	1

**Nhận xét:** Hóa trị cao nhất của một nguyên tố đối với oxi, hóa trị với hiđro của các phi kim biến đổi tuần hoàn theo chiều tăng của điện tích hạt nhân.

**3. Sự biến đổi tính axit - bazơ của oxit và hidroxit tương ứng**

Trong một chu kì, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân, tính bazơ của các oxit và hidroxit tương ứng giảm dần, đồng thời tính axit của chúng tăng dần.

Trong một nhóm A, theo chiều tăng của điện tích hạt nhân, tính bazơ của các oxit và hidroxit tương ứng tăng dần, đồng thời tính axit của chúng giảm dần.

**Thí dụ:** Sự biến đổi tính axit - bazơ của oxit và hidroxit tương ứng của các nguyên tố ở chu kì 2 và 3 như sau:

Li <sub>2</sub> O	BeO	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
Oxit bazơ	Oxit lưỡng tính	Oxit axit	Oxit axit	Oxit axit		
LiOH	Be(OH) <sub>2</sub>	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	HNO <sub>3</sub>		
Bazơ kiềm	Hidroxit lưỡng tính	Axit yếu	Axit yếu	Axit mạnh		
Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Cl <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
Oxit bazơ	Oxit bazơ	Oxit lưỡng tính	Oxit axit	Oxit axit	Oxit axit	Oxit axit
NaOH	Mg(OH) <sub>2</sub>	Al(OH) <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HClO <sub>4</sub>
Bazơ kiềm	Bazơ yếu	Hidroxit lưỡng tính	Axit yếu	Axit trung bình	Axit mạnh	Axit rất mạnh

**Nhận xét:** Tính axit - bazơ của các oxit và hidroxit tương ứng của các nguyên tố biến đổi tuần hoàn theo chiều tăng của điện tích hạt nhân nguyên tử.

**4. Định luật tuần hoàn**

Tính chất của các nguyên tố và đơn chất cũng như thành phần và tính chất của các hợp chất tạo nên từ các nguyên tố đó biến đổi tuần hoàn theo chiều tăng của điện tích hạt nhân nguyên tử.

**IV. Ý NGHĨA CỦA BẢNG TUẦN HOÀN**

**CÁC NGUYÊN TỐ HÓA HỌC**

**1. Quan hệ giữa vị trí và cấu tạo nguyên tử**

Biết được vị trí của một nguyên tố trong bảng tuần hoàn, ta có thể suy ra cấu tạo nguyên tử của nguyên tố đó và ngược lại (xem sơ đồ sau):

**Vị trí Cấu tạo nguyên tử**

- STT của nguyên tố

- STT chu kì

- STT nhóm A

⇔

- Số proton, số electron

- Số lớp electron

- Số electron lớp ngoài cùng

58

**Thí dụ 1:** Nguyên tố X có  $Z = 19$ , ở nhóm IA, chu kì 4

Ta suy ra: nguyên tố X có:

19 proton, 19 electron

4 lớp electron và lớp ngoài cùng có 1 electron.

Ngược lại, biết được cấu tạo nguyên tử của một nguyên tố, ta có thể xác định được vị trí của nguyên tố đó trong bảng tuần hoàn.

**Thí dụ 2:** Cấu hình electron của 1 nguyên tử là:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ . Vậy nguyên tố tương ứng có số thứ tự  $Z = 16$ , có 16 proton, 16 electron, ở chu kì 3, nhóm VIA.

## 2. Quan hệ giữa vị trí và tính chất của nguyên tố

**a) Biết được vị trí của một nguyên tố trong bảng tuần hoàn, cũng có thể suy ra những tính chất hoá học cơ bản của nó**

- Tính kim loại, tính phi kim: Các nguyên tố ở các nhóm IA, IIA, IIIA (trừ H, B) có tính kim loại. Các nguyên tố ở các nhóm VA, VIA, VIIA có tính phi kim (trừ Sb, Bi và Po). Các nguyên tố thuộc nhóm IVA có tính phi kim nếu thuộc chu kì nhỏ (C, Si), có tính kim loại nếu thuộc chu kì lớn (Sn, Pb).

- Hóa trị cao nhất của nguyên tố với oxi, hóa trị với hidro của các phi kim.

- Công thức oxit cao nhất và hidroxit tương ứng.

- Công thức của hợp chất khí với hidro (nếu có).

- Oxit và hidroxit có tính axit hay bazơ.

**Thí dụ:** Nguyên tố clo có  $Z = 17$  ở chu kì 3, nhóm VIIA. Suy ra clo là phi kim.

- Hóa trị cao nhất đối với oxi bằng 7 và hóa trị thấp nhất đối với H bằng 1.

- Công thức oxit bậc cao nhất là  $Cl_2O_7$

- Công thức hợp chất khí với hidro là HCl.

- Oxit  $Cl_2O_7$  là oxit axit và  $HClO_4$  là axit mạnh.

**b) Dựa vào qui luật biến đổi tính chất trong bảng tuần hoàn, ta có thể so sánh tính chất hoá học của một nguyên tố với các nguyên tố lân cận**

**Thí dụ:** So sánh tính kim loại của Mg với Na, Al và Ca.

Nếu xếp các nguyên tố trên theo cùng một chu kì và cùng nhóm ta có:

Na	Mg	Al
	Ca	

- Trong một chu kì: Mg có tính kim loại yếu hơn

Na nhưng mạnh hơn Al.

- Trong nhóm: Mg có tính kim loại yếu hơn Ca.

Tính bazơ của các oxit và hidroxit tương ứng cũng tăng dần theo dãy:



**Chú ý:** Theo tính chất bậc cầu ta dễ dàng suy ra tính kim loại của Ca mạnh hơn Al và tính bazơ của CaO hoặc  $Ca(OH)_2$  mạnh hơn  $Al_2O_3$  hoặc  $Al(OH)_3$  tương ứng.

## B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP

### DẠNG 1: XÁC ĐỊNH VỊ TRÍ NGUYÊN TỐ HÓA HỌC TRONG BẢNG TUẦN HOÀN VÀ TÍNH CHẤT HÓA HỌC CỦA CHÚNG KHI BIẾT ĐIỆN TÍCH HẠT NHÂN NGUYÊN TỬ

**Ví dụ 1:** Cho hai nguyên tố A và B đứng kế tiếp nhau trong bảng tuần hoàn, có tổng số lượng tử  $(n + l)$  bằng nhau, trong đó số lượng tử chính của A lớn hơn số lượng tử chính của B. Tổng đại số của bốn số lượng tử của electron cuối cùng của B là 5,5.

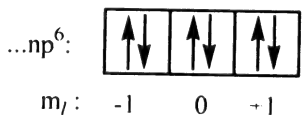
- Xác định bộ bốn số lượng tử  $(n, l, m, s)$  của electron cuối cùng của A và B.
- Viết cấu hình electron nguyên tử của A và B và xác định vị trí của A, B trong bảng tuần hoàn.

#### Giải

a) A và B đứng kế tiếp nhau trong bảng tuần hoàn có tổng  $(n + l)$  bằng nhau và số lượng tử  $n$   $(A) > n$   $(B) \Rightarrow$  Cấu hình electron ngoài cùng:

$$\begin{cases} A : (n + 1)s^1 \\ B : np^6 \end{cases}$$

$\Rightarrow$  Electron cuối cùng của B có giá trị các số lượng tử sau:



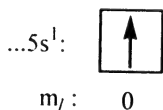
$$\Rightarrow \begin{cases} l = 1 \\ m_l = +1 \\ m_s = -\frac{1}{2} \end{cases}$$

Theo đề ra:

$$n + l + m_l + m_s = 5,5 \Rightarrow n + 1 + 1 - 0,5 = 5,5 \Rightarrow n = 4$$

Vậy electron cuối cùng của B có:  $n = 5$ ;  $l = 1$ ;  $m_l = +1$ ,  $m_s = -\frac{1}{2}$

$\Rightarrow$  Electron cuối cùng của A có giá trị các số lượng tử sau:



$$\Rightarrow n = 5 ; l = m_l = 0 \text{ và } m_s = +\frac{1}{2}$$

b) Cấu hình electron của:

- A:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 5s^1 \Rightarrow A$  là Rb
- B:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6 \Rightarrow B$  là Kr

Vị trí trong bảng tuần hoàn:

$$\text{- Rb: } \begin{cases} \text{STT : 37} \\ \text{Chu kì : 5} \\ \text{Nhóm : IA} \end{cases} \quad \text{Kr: } \begin{cases} \text{STT : 36} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIIIA} \end{cases}$$

**Ví dụ 2:** Nguyên tử của nguyên tố X có electron cuối cùng mang bốn số lượng tử

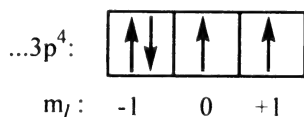
$$\text{là: } n = 3; l = 1; m_l = -1 \text{ và } m_s = -\frac{1}{2}$$

a) Xác định tên nguyên tố X và vị trí của nó trong bảng tuần hoàn.

b) Đơn chất X tan được trong dung dịch  $H_2SO_4$  đặc, nóng và trong dung dịch NaOH đặc, nóng. Viết phương trình hoá học xảy ra.

**Giải**

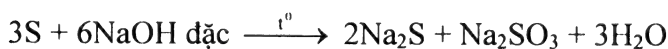
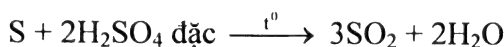
a) Theo đề ra, nguyên tử của nguyên tố X có electron cuối cùng mang bốn số lượng tử là:  $n = 3; l = 1; m_l = -1$  và  $m_s = -\frac{1}{2}$



$\Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ của X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 \Rightarrow Z_X = \Sigma e = 16$  (S)

Vị trí trong bảng tuần hoàn:  $\begin{cases} \text{STT : 16} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : VIA} \end{cases}$

b) Phương trình hoá học:



**Ví dụ 3:** a) Nguyên tố X có electron cuối cùng ứng với 4 số lượng tử có tổng đại số bằng 2,5. Xác định nguyên tố X, viết cấu hình electron và cho biết vị trí của X trong bảng tuần hoàn?

b) Xác định nguyên tử mà electron cuối cùng điền vào đó có 4 số lượng tử thỏa mãn điều kiện:  $n + l = 3$  và  $m_l + m_s = +1/2$ .

**Giải**

a) Theo đề ra:

$$n + l + m_l + m_s = 2,5 \Rightarrow X \text{ phải khác H, He} \Rightarrow n \geq 2$$



• *Trường hợp 1:*  $n = 2; m_s = + 1/2 \Rightarrow l + m_l = 0$ . Khi đó có hai khả năng:

+ )  $l = m_l = 0 \Rightarrow ...2s^1 \Rightarrow X$  là Li

+ )  $l = 1 \Rightarrow m_l = -1 \Rightarrow ...2p^1 \Rightarrow X$  là B

Vị trí trong bảng tuần hoàn:

$$\text{Li } (Z = 3): 1s^2 2s^1 \Rightarrow \begin{cases} \text{STT : 3} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm : IA} \end{cases}$$

$$\text{B } (Z = 5): 1s^2 2s^2 2p^1 \Rightarrow \begin{cases} \text{STT : 5} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm : IIIA} \end{cases}$$

• *Trường hợp 2:*  $n = 2; m_s = - 1/2 \Rightarrow l + m_l = 1 \Rightarrow l = 1$  và  $m_l = 0 \Rightarrow ...2p^5 \Rightarrow X$  là F

Vị trí trong bảng tuần hoàn:

$$\text{F } (Z = 9): 1s^2 2s^2 2p^5 \Rightarrow \begin{cases} \text{STT : 9} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm : VIIA} \end{cases}$$

• *Trường hợp 3:*  $n = 3; m_s = - 1/2 \Rightarrow l + m_l = 0$ . Khi đó có ba khả năng:

+ )  $l = 0 \Rightarrow m_l = 0 \Rightarrow ...3s^2 \Rightarrow X$  là Mg

+ )  $l = 1 \Rightarrow m_l = -1 \Rightarrow ...3p^4 \Rightarrow X$  là S

+ )  $l = 2 \Rightarrow m_l = -2 \Rightarrow ...3d^6 \Rightarrow X$  là Fe

Vị trí trong bảng tuần hoàn:

$$\text{Mg } (Z = 12): 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow \begin{cases} \text{STT : 12} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : IIA} \end{cases}$$

$$\text{S } (Z = 16): 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 \Rightarrow \begin{cases} \text{STT : 16} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : VIA} \end{cases}$$

$$\text{Fe } (Z = 26): 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2 \Rightarrow \begin{cases} \text{STT : 26} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIIIB} \end{cases}$$

b) Từ điều kiện:  $n + l = 3 \Rightarrow n \geq 2$  (vì  $l \leq n - 1$ ) ;  $m_l + m_s = + 1/2$  ta có hai trường hợp sau:

• Trường hợp 1:  $n = 3 \Rightarrow l = 0 \Rightarrow m_l = 0 \Rightarrow m_s = +1/2 \Rightarrow 3s^1$

Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow Z_X = \Sigma e = 11$  (Na)

• Trường hợp 2:  $n = 2 \Rightarrow l = 1 \Rightarrow m_l = -1 ; 0 ; +1$

Từ điều kiện:  $m_l + m_s = +1/2$  có hai khả năng:

+)  $m_l = 0$  và  $m_s = +1/2 \Rightarrow \dots 2p^2$

Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^2 \Rightarrow Z_X = \Sigma e = 6$  (C)

+)  $m_l = +1$  và  $m_s = -1/2 \Rightarrow \dots 2p^1$

Cấu hình electron đầy đủ:  $1s^2 2s^2 2p^1 \Rightarrow Z_X = \Sigma e = 8$  (O)

**Ví dụ 4:** Một hợp chất ion A được cấu tạo từ cation  $M^+$  và anion  $X_2^{2-}$ . Tổng số các loại hạt trong A là 164, trong đó số hạt mang điện nhiều hơn số hạt không mang điện là 52 hạt. Số khối của M' lớn hơn số khối của  $X_2^{2-}$  là 7. Tổng số hạt trong ion M' nhiều hơn ion  $X_2^{2-}$  là 7 hạt.

a) Xác định vị trí của M và X trong bảng tuần hoàn.

b) Tìm công thức phân tử của hợp chất ion trên.

c) Khi cho hợp chất ion A tác dụng với nước thu được dung dịch B có tính kiềm và tính oxi hoá mạnh, cho dung dịch B tác dụng với dung dịch  $Zn(NO_3)_2$  và  $NH_4NO_3$  sau phản ứng thu được chất kết tủa keo, sau đó kết tủa keo tan dần và một chất khí không màu bị hoá nâu trong không khí. Viết các phương trình phản ứng để giải thích các hiện tượng trên.

### Giải

Gọi công thức A:  $M_2X_2$

Theo đề ra, ta có hệ:

$$\begin{cases} 2(2Z_M + N_M) + 2(2Z_X + N_X) = 164 \\ (4Z_M + 4Z_X) - 2(N_M + N_X) = 52 \\ (Z_M + N_M) - 2(Z_X + N_X) = 7 \\ 2Z_M + N_M - 1 - (4Z_X + 2N_X + 2) = 7 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_M = 19 \\ N_M = 20 \\ Z_X = 8 \\ N_X = 8 \end{cases} \Rightarrow M \text{ là K, } X \text{ là O.}$$

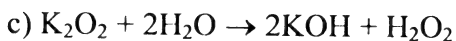
Cấu hình electron: K ( $Z = 19$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

$\Rightarrow$  Vị trí trong bảng tuần hoàn:  $\begin{cases} \text{STT: } 19 \\ \text{Chu kì: } 4 \\ \text{Nhóm: IA} \end{cases}$

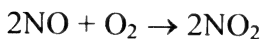
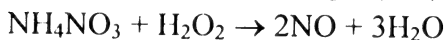
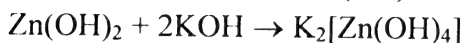
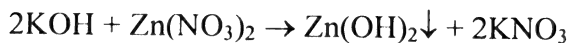
Cấu hình electron: O ( $Z = 8$ ):  $1s^2 2s^2 2p^4$

$\Rightarrow$  Vị trí trong bảng tuần hoàn:  $\begin{cases} \text{STT: } 8 \\ \text{Chu kì: } 2 \\ \text{Nhóm: VIA} \end{cases}$

b) Công thức của hợp chất A là  $K_2O_2$ .



Dung dịch B chứa: KOH và  $H_2O_2$ .



**Ví dụ 5:** Xác định A, B, X, Y biết:

- Hai nguyên tố A, B đứng kế tiếp nhau trong một chu kì của bảng tuần hoàn, có tổng số điện tích hạt nhân là 17 hạt.

- Hai nguyên tố X, Y ở hai chu kì liên tiếp nhau trong một nhóm A có tổng điện tích hạt nhân là  $+5,12 \cdot 10^{-18}$  Culong.

**Giải**

• Xác định A, B: 
$$\begin{cases} Z_A + Z_B = 17 \\ Z_B - Z_A = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 8(O) \\ Z_B = 9(F) \end{cases}$$

• Xác định X, Y: 
$$Z_X + Z_Y = \frac{5,12 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 32 \quad (1)$$

Do X, Y thuộc hai chu kì liên tiếp trong cùng một nhóm A nên X, Y cách nhau 8 hoặc 18 ô.

- Trường hợp 1: X, Y cách nhau 8 ô.

$$Z_Y - Z_X = 8 \quad (2)$$

Giải hệ (1), (2) ta được: 
$$\begin{cases} Z_X = 12(Mg) \\ Z_Y = 20(Ca) \end{cases}$$

- Trường hợp 2: X, Y cách nhau 18 ô.

$$Z_Y - Z_X = 18 \quad (3)$$

Giải hệ (1), (3) ta được: 
$$\begin{cases} Z_X = 7(N) \\ Z_Y = 25(Mn) \end{cases}$$

Loại vì Mn và N không thuộc cùng một nhóm.

**Ví dụ 6:** a) Các ion  $X^{2+}$ ,  $Y^{2-}$  đều có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6$ . Xác định vị trí của X, Y trong bảng tuần hoàn.

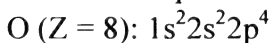
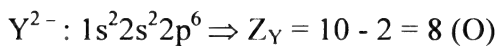
b) Tổng số proton, notron, electron trong nguyên tử của một nguyên tố Z là 21. Xác định vị trí của Z trong bảng tuần hoàn và cho biết tính chất hoá học cơ bản của Z và hợp chất của nó.

**Giải**

a)  $X^{2+}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 \Rightarrow Z_X = 10 + 2 = 12 (Mg)$

Mg ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

Vị trí của Mg trong bảng tuần hoàn:  $\begin{cases} \text{STT : 12} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : IIA} \end{cases}$



Vị trí của O trong bảng tuần hoàn:  $\begin{cases} \text{STT : 8} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm : VIA} \end{cases}$

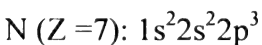
$$\text{b) } 2Z_X + N_X = 21 \Rightarrow N_X = 21 - 2Z_X$$

Đối với nguyên tử bền (trừ H):

$$1 \leq \frac{N}{Z} \leq 1,5 \Rightarrow 6 = \frac{21}{3,5} \leq Z_X \leq \frac{21}{3} = 7 \rightarrow Z_X = 6 \text{ hoặc } 7$$

•  $Z_X = 6 \text{ (C)} \Rightarrow N_X = 9$  (loại vì cacbon không có đồng vị  ${}^{15}_6\text{C}$ )

•  $Z_X = 7 \text{ (N)} \rightarrow N_X = 7$  (nhận vì nitơ có đồng vị  ${}^{14}_7\text{N}$ )



- Vị trí:  $\begin{cases} \text{STT : 7} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm : VA} \end{cases}$

- Tính chất hoá học cơ bản:

+ Nitơ là một phi kim mạnh

+ Hoá trị cao nhất đối với oxi là V

+ Hoá trị đối với hiđro là III

+ Công thức hợp chất khí với hiđro là  $\text{NH}_3$

+ Công thức oxit cao nhất  $\text{N}_2\text{O}_5$  và công thức hidroxit tương ứng  $\text{HNO}_3$

+  $\text{N}_2\text{O}_5$  là oxit axit,  $\text{HNO}_3$  là axit mạnh

**Ví dụ 7:** a) Tổng số hạt proton trong hai hạt nhân nguyên tử của X và Y là 25. X thuộc nhóm VIA. Xác định tên hai nguyên tố X, Y và vị trí của chúng trong bảng tuần hoàn.

b) Viết công thức oxit cao nhất và hidroxit tương ứng của các nguyên tố Na, Mg, Al, Si, P. Xếp chúng theo chiều giảm dần tính bazơ và tăng dần tính axit.

### ***Giải***

a) Theo đề ra ta có:

$$Z_X + Z_Y = 25 \Rightarrow Z_X < 25$$

Vì X thuộc nhóm VIA nên X chỉ có là O (Z = 8) hoặc S (Z = 16).

•  $Z_X = 8 \Rightarrow Z_Y = 25 - 8 = 17$  (Cl)

Vị trí trong bảng tuần hoàn:

- X là O ( $Z = 8$ ):  $1s^2 2s^2 2p^4$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{STT : 8} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm: VIA} \end{array} \right.$

- Y là Cl ( $Z = 17$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{STT : 17} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm: VIIA} \end{array} \right.$

•  $Z_X = 16 \Rightarrow Z_Y = 25 - 17 = 9$  (F)

Vị trí trong bảng tuần hoàn:

- X là S ( $Z = 16$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{STT : 16} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm: VIA} \end{array} \right.$

- Y là F ( $Z = 9$ ):  $1s^2 2s^2 2p^5$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{STT : 9} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm: VIIA} \end{array} \right.$

b)

Nguyên tố	Na	Mg	Al	Si	P
Công thức oxit cao nhất	$\text{Na}_2\text{O}$ Oxit bazơ	$\text{MgO}$ Oxit bazơ yếu	$\text{Al}_2\text{O}_3$ Oxit lưỡng tính	$\text{SiO}_2$ Oxit axit yếu	$\text{P}_2\text{O}_5$ Oxit axit trung bình
Công thức hidroxit tương ứng	$\text{NaOH}$ Bazơ kiềm	$\text{Mg(OH)}_2$ Bazơ yếu	$\text{Al(OH)}_3$ Hidroxit lưỡng tính	$\text{H}_2\text{SiO}_3$ Axit yếu	$\text{H}_3\text{PO}_4$ Axit trung bình

Theo dãy:  $\text{Na}_2\text{O} - \text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2 - \text{P}_2\text{O}_5$

Hoặc:



Tính bazơ giảm dần đồng thời tính axit tăng dần  $\rightarrow$

**Ví dụ 8:** a) Hai nguyên tố X và Y thuộc cùng một nhóm, ở hai chu kì liên tiếp trong bảng tuần hoàn. Tổng số hạt proton trong hai nguyên tử là 30. Xác định vị trí của X, Y trong bảng tuần hoàn và cho biết tính chất hoá học cơ bản của Y và hợp chất của nó ( $Z_Y > Z_X$ ).

b) Hai nguyên tố  $X_1, X_2$  thuộc hai chu kì liên tiếp và hai nhóm liên tiếp trong bảng tuần hoàn. Tổng số hạt proton trong hai nguyên tử 21. Xác định vị trí tên hai nguyên tố  $X_1, X_2$ .

c) Tổng số hạt proton, neutron và electron trong nguyên tử Z là 82. Trong đó số hạt mang điện nhiều hơn số hạt không mang điện là 22. Xác định vị trí của Z trong bảng tuần hoàn và viết cấu hình electron của cation  $Z^{2+}, Z^{3+}$ .

### ***Giải***

a) Vì X, Y thuộc cùng một nhóm và ở hai chu kì liên tiếp trong bảng tuần hoàn nên chúng cách nhau 8 hoặc 18 ô.

• **Trường hợp 1:** Cách nhau 8 ô

$$\begin{cases} Z_X + Z_Y = 30 \\ Z_Y - Z_X = 8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_X = 11 (\text{Na}) \\ Z_Y = 19 (\text{K}) \end{cases}$$

• **Trường hợp 2:** Cách nhau 18 ô

$$\begin{cases} Z_X + Z_Y = 30 \\ Z_Y - Z_X = 18 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_X = 6 (\text{C}) \\ Z_Y = 24 (\text{Cr}) \end{cases}$$

Loại vì C thuộc nhóm IVA còn Cr thuộc nhóm VIB

- Vị trí X, Y trong bảng tuần hoàn:

• Na ( $Z = 11$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow$  Vị trí:  $\begin{cases} \text{STT :11} \\ \text{Chu kì:3} \\ \text{Nhóm :IA} \end{cases}$

• K ( $Z = 19$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \Rightarrow$  Vị trí:  $\begin{cases} \text{STT :19} \\ \text{Chu kì:4} \\ \text{Nhóm :IA} \end{cases}$

- Tính chất hoá học cơ bản của Y và hợp chất của nó

+ Kali là một kim loại điển hình

+ Hoá trị cao nhất đối với oxi là I

+ Công thức oxit cao nhất là  $K_2O$  và công thức hidroxit tương ứng KOH

+  $K_2O$  là một oxit bazơ kiềm, KOH là một bazơ rất mạnh

b) Theo đề ra:

$$Z_1 + Z_2 = 21 \Rightarrow \bar{Z} = \frac{21}{2} = 10,5 \Rightarrow X_1, X_2 \text{ đều thuộc chu kì nhỏ}$$

Mặt khác, chúng nằm ở hai chu kì liên tiếp và hai nhóm liên tiếp nên chúng cách nhau 7 hoặc 9 ô.

• *Trường hợp 1:* Cách nhau 7 ô

$$\begin{cases} Z_1 + Z_2 = 21 \\ Z_2 - Z_1 = 7 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_1 = 7 \text{ (N)} \\ Z_2 = 14 \text{ (Si)} \end{cases}$$

- Vị trí  $X_1, X_2$  trong bảng tuần hoàn:

$$+ X_1 \text{ là N (Z = 7): } 1s^2 2s^2 2p^3 \Rightarrow \text{Vị trí: } \begin{cases} \text{STT : 7} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm : VA} \end{cases}$$

$$+ X_2 \text{ là Si (Z = 14): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 \Rightarrow \text{Vị trí: } \begin{cases} \text{STT : 14} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : IVA} \end{cases}$$

• *Trường hợp 2:* Cách nhau 9 ô

$$\begin{cases} Z_1 + Z_2 = 21 \\ Z_2 - Z_1 = 9 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_1 = 6 \text{ (C)} \\ Z_2 = 15 \text{ (P)} \end{cases}$$

- Vị trí  $X_1, X_2$  trong bảng tuần hoàn:

$$+ X_1 \text{ là C (Z = 6): } 1s^2 2s^2 2p^2 \Rightarrow \text{Vị trí: } \begin{cases} \text{STT : 6} \\ \text{Chu kì : 2} \\ \text{Nhóm : IVA} \end{cases}$$

$$+ X_2 \text{ là P (Z = 15): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3 \Rightarrow \text{Vị trí: } \begin{cases} \text{STT : 15} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : VA} \end{cases}$$

$$\text{c) Theo đề ra, ta có hệ: } \begin{cases} 2Z_D + N_D = 82 \\ 2Z_D - N_D = 22 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_D = 26 \\ N_D = 30 \end{cases} \Rightarrow D \text{ là sắt (Fe)}$$

$$\text{Fe (Z = 26): } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$$

$$\Rightarrow \text{Cấu hình electron: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6 4s^2$$

$$\text{Vị trí: } \begin{cases} \text{STT : 26} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIIIB} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \text{Fe}^{2+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^6$$

$$\Rightarrow \text{Fe}^{3+}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5$$

**DẠNG 2: XÁC ĐỊNH CÔNG THỨC, TÍNH CHẤT HÓA HỌC ĐƠN CHẤT VÀ HỢP CHẤT MỘT NGUYÊN TỐ KHI BIẾT VỊ TRÍ CỦA NÓ TRONG BẢNG TUẦN HOÀN - QUY LUẬT BIẾN ĐỔI TÍNH CHẤT CỦA CÁC NGUYÊN TỐ**

**Ví dụ 1:** Ba nguyên tố X, Y, Z trong cùng một chu kì có tổng số hiệu nguyên tử là 39. Số hiệu nguyên tử Y bằng trung bình cộng số hiệu của nguyên tử X và Z. Nguyên tử của 3 nguyên tố này hầu như không phản ứng với H<sub>2</sub>O ở điều kiện thường.

- a) Hãy xác định vị trí các nguyên tố trong bảng tuần hoàn.
- b) So sánh độ âm điện, bán kính nguyên tử của các nguyên tố đó.
- c) So sánh tính bazơ của các hidroxit.

**Giải**

a) Ta có:  $Z_X + Z_Y + Z_Z = 39$  và  $Z_Y = \frac{Z_X + Z_Z}{2}$   
 $\Rightarrow Z_Y = 13 \Rightarrow Y$  là Al: [Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>1</sup>  
Vì nguyên tử của 3 nguyên tố này hầu như không tác dụng với nước ở nhiệt độ thường  $\Rightarrow Z_X = 12 \Rightarrow X$  là Mg: [Ne]3s<sup>2</sup> và  $Z_Z = 14 \Rightarrow Z$  là Si: [Ne]3s<sup>2</sup>3p<sup>2</sup>  
Cả ba nguyên tố đều thuộc chu kì 3. Mg ở nhóm IIA, Al ở nhóm IIIA và Si ở nhóm IVA.

- b) Thứ tự độ âm điện: Mg < Al < Si  
Thứ tự bán kính nguyên tử: Mg > Al > Si
- c) Thứ tự tính bazơ: Mg(OH)<sub>2</sub> > Al(OH)<sub>3</sub> > Si(OH)<sub>4</sub>  $\equiv$  H<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O

**Ví dụ 2:** Cho bộ 4 bốn số lượng tử của electron cuối cùng trên 3 nguyên tử A, X, Z và 2 ion Y<sup>+</sup>, T<sup>2+</sup> như sau:

Nguyên tố	n	l	m <sub>l</sub>	m <sub>s</sub>
A	2	0	0	+1/2
X	3	0	0	+1/2
Y <sup>+</sup>	3	1	+1	-1/2
Z	2	0	0	-1/2
T <sup>2+</sup>	2	1	+1	-1/2

- a) Xác định A, X, Y<sup>+</sup>, Z, T<sup>2+</sup>.
- b) Trong các ion A<sup>+</sup>, X<sup>+</sup>, Y<sup>+</sup>, Z<sup>2+</sup>, T<sup>2+</sup>, ion nào có bán kính lớn nhất ? Hãy giải thích.

**Giải**

a) Từ dữ kiện đề ra, ta có:

Nguyên tố	Cấu hình electron phân lớp ngoài cùng	Cấu hình electron đầy đủ	Số hiệu nguyên tử (Z)	Kí hiệu hoá học
A	..2s <sup>1</sup>	[He]2s <sup>1</sup>	3	Li



X	...3s <sup>1</sup>	[Ne]3s <sup>1</sup>	11	Na
Y <sup>+</sup>	...3p <sup>6</sup>	[Ar]	18 + 1 = 19	K <sup>+</sup>
Z	...2s <sup>2</sup>	[He]2s <sup>2</sup>	4	Be
T <sup>2+</sup>	...2p <sup>6</sup>	[Ne]	10 + 2 = 12	Mg <sup>2+</sup>

b) Các ion tương ứng là: Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Be<sup>2+</sup> và Mg<sup>2+</sup>.

Dòir các ion trên (tương ứng với các nguyên tố) về cùng nhóm và cùng chu kì, ta được:

Li <sup>+</sup>	Be <sup>2+</sup>
Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
K <sup>+</sup>	

Ta thấy: Số lớp electron tương ứng của Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> tăng dần và số lớp electron tương ứng của Be<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> tăng dần nên:

$$r_{Li^+} < r_{Na^+} < r_{K^+} \text{ và } r_{Be^{2+}} < r_{Mg^{2+}} \quad (1)$$

Mặt khác, các ion Li<sup>+</sup> và Be<sup>2+</sup> hoặc Na<sup>+</sup> và Mg<sup>2+</sup> có cùng số electron nhưng điện tích hạt nhân của Li<sup>+</sup> nhỏ hơn Be<sup>2+</sup> hoặc Na<sup>+</sup> nhỏ hơn Mg<sup>2+</sup> nên lực hút giữa hạt nhân và electron lớp ngoài cùng của Li<sup>+</sup> nhỏ hơn Be<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> nhỏ hơn Mg<sup>2+</sup> dẫn đến  $r_{Li^+} > r_{Be^{2+}}$  và  $r_{Na^+} > r_{Mg^{2+}}$ . (2)

Từ (1) và (2)  $\Rightarrow$  K<sup>+</sup> có bán kính lớn nhất.

**Ví dụ 3:** So sánh bán kính của các nguyên tố sau: K, S, Al, F, Mg, He.

### Giải

Xét theo chu kì:  $r_{Na} > r_{Mg} > r_{Al} > r_S ; r_O > r_F$

Xét theo nhóm:  $r_K > r_{Na} ; r_S > r_O ; r_F > r_{He} \Rightarrow r_K > r_{Mg} > r_{Al} > r_S > r_F > r_{He}$

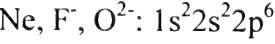
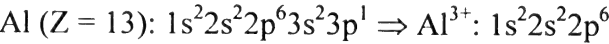
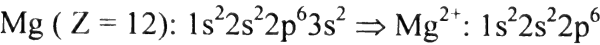
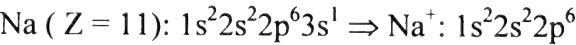
**Ví dụ 4:** Hãy sắp xếp (có giải thích) các hạt vi mô cho dưới đây theo chiều giảm dần bán kính hạt:

a) Ne, Na, Na<sup>+</sup>, Mg, Mg<sup>2+</sup>, Al, Al<sup>3+</sup>, F<sup>-</sup>, O<sup>2-</sup>.

b) S<sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ar, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>.

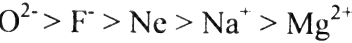
### Giải

a) Ta có cấu hình electron của các nguyên tử và ion.



Các nguyên tử Na, Mg, Al có cùng số lớp electron, điện tích hạt nhân tăng dần nên bán kính nguyên tử giảm dần: Na > Mg > Al

Các nguyên tử và ion: O<sup>2-</sup>, F<sup>-</sup>, Ne, Na<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup> có cùng số electron, điện tích hạt nhân tăng dần nên bán kính nguyên tử giảm dần:

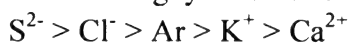


Mặt khác, Al có 3 lớp electron trong nguyên tử còn  $O^{2-}$  chỉ có 2 lớp electron nên bán kính của  $Al > O^{2-}$ .

Vậy, ta có thể sắp xếp theo chiều giảm dần bán kính như sau:



b) Tương tự như ý 1a ta cũng có thể sắp xếp theo chiều giảm dần bán kính nguyên tử của các nguyên tử và ion như sau:



**Ví dụ 5:** Tổng số hạt proton trong hai nguyên tử của hai nguyên tố X, Y là 31. Số hạt mang điện của X nhiều hơn của Y là 14.

- Xác định vị trí của X, Y trong bảng tuần hoàn.
- Viết cấu hình electron của các ion bền tạo ra từ X, Y.
- So sánh tính kim loại hoặc phi kim của X và Y. Lấy ví dụ minh họa.

### **Giải**

a) Gọi  $Z_X, Z_Y$  lần lượt là số proton trong nguyên tử của hai nguyên tố X, Y.

Theo đề ra, ta có hệ: 
$$\begin{cases} Z_X + Z_Y = 31 \\ 2Z_X - 2Z_Y = 14 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_X = 19 (K) \\ Z_Y = 12 (Mg) \end{cases}$$

Vị trí của X, Y trong bảng tuần hoàn:

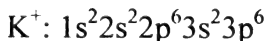
- K ( $Z = 19$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

$$\begin{cases} \text{STT} : 19 \\ \text{Chu kỳ} : 4 \\ \text{Nhóm} : \text{IA} \end{cases}$$

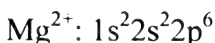
- Mg ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$

$$\begin{cases} \text{STT} : 12 \\ \text{Chu kỳ} : 3 \\ \text{Nhóm} : \text{IIA} \end{cases}$$

b) K có 1 electron ngoài cùng nên có khuynh hướng nhường 1 electron này để tạo ra cation  $K^+$  có cấu trúc electron bền vững của argon (Ar) đứng trước.



Tương tự như K thì Mg cũng có khuynh hướng nhường đi 2 electron lớp ngoài cùng để có cấu hình bền vững của khí hiếm neon (Ne).



c) Tính kim loại:  $K > Mg$

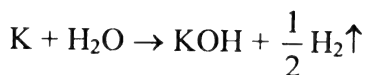
**Giải thích:**

Theo chu kỳ 2: Tính kim loại  $Mg < Na$  (1)

Theo nhóm IA: Tính kim loại  $K > Na$  (2)

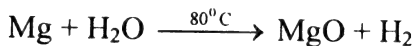
(1)(2)  $\Rightarrow$  Tính kim loại  $Mg < K$

- K phản ứng mãnh liệt với  $H_2O$  ở nhiệt độ thường



KOH là một bazơ rất mạnh (bazơ kiềm)

- Mg chỉ phản ứng với  $H_2O$  ở nhiệt độ từ  $80^\circ C$  trở lên



$Mg(OH)_2$  là một bazơ yếu.

**Ví dụ 6:** Cho các nguyên tố: A, B, D, E có số hiệu nguyên tử tương ứng là: 14, 7, 8, 9.

a) Sắp xếp các nguyên tố trên theo chiều tăng dần tính phi kim từ trái sang phải.

b) Viết công thức oxit cao nhất và hidroxit tương ứng của A, B, D, E (nếu có).

So sánh tính axit của các hidroxit tương ứng đó.

**Giải**

a) A ( $Z = 15$ )  $\Rightarrow$  A là photpho (P)

B ( $Z = 7$ )  $\Rightarrow$  B là nitơ (N)

D ( $Z = 8$ )  $\Rightarrow$  D là oxi (O)

E ( $Z = 9$ )  $\Rightarrow$  E là flo (F)

Theo chu kì 2: Tính phi kim  $N < O < F$  (1)

Theo nhóm VA: Tính phi kim  $P < N$  (2)

(1)(2)  $\Rightarrow$  Tính phi kim tăng dần theo dãy:  $P < N < O < F$

b)

Nguyên tố	P	N	O	F
Công thức oxit cao nhất	$P_2O_5$	$N_2O_5$		
Công thức hidroxit tương ứng	$P(OH)_5 \equiv H_3PO_4.H_2O$	$N(OH)_5 \equiv HNO_3.2H_2O$		

Tính axit  $H_3PO_4$  yếu hơn nhiều so với  $HNO_3$  là do N có độ âm điện lớn hơn P và  $HNO_3$  có 2 nguyên tử O không hidroxi, trong đó  $H_3PO_4$  chỉ có 1 nguyên tử O không hidroxi.

**Ví dụ 7:** Các kim loại A, B, C đều thuộc nhóm A và có cấu hình electron nguyên tử lớp ngoài cùng tương ứng là:  $3s^1$ ,  $3s^2$ ,  $4s^1$ .

a) Sắp xếp theo chiều tăng dần tính kim loại của A, B, C.

b) Viết công thức oxit cao nhất và hidroxit tương ứng. So sánh tính bazơ của các oxit và hidroxit này.

**Giải**

a) Cấu hình electron đầy đủ của các kim loại:

$$A: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow Z_A = 11 \text{ (Na)}$$

$$B: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow Z_B = 12 \text{ (Mg)}$$

$$C: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^1 \Rightarrow Z_C = 19 \text{ (K)}$$

Theo chu kì 2: Tính kim loại:  $\text{Na} > \text{Mg}$

Theo nhóm IA: Tính kim loại:  $\text{K} > \text{Na}$

$\Rightarrow$  Tính kim loại tăng dần theo dãy:  $\text{Mg} < \text{Na} < \text{K}$

Nguyên tố	Mg	Na	K
Công thức oxit cao nhất	MgO Oxit bazơ yếu	Na <sub>2</sub> O Oxit bazơ mạnh	K <sub>2</sub> O Oxit bazơ rất mạnh
Công thức hidroxit tương ứng	Mg(OH) <sub>2</sub> Bazơ yếu	NaOH Bazơ mạnh	KOH Bazơ rất mạnh

Tính bazơ tăng dần theo dãy:  $\text{MgO} < \text{Na}_2\text{O} < \text{K}_2\text{O}$

$\text{Mg(OH)}_2 < \text{NaOH} < \text{KOH}$

### **DẠNG 3: BÀI TẬP VỀ NĂNG LƯỢNG ION HÓA (I)**

#### **VÀ ÁI LỰC ELECTRON**

**Ví dụ 1:** a) Hãy xếp các nguyên tố natri, kali, liti theo thứ tự giảm trị số năng lượng ion hoá thứ nhất ( $I_1$ ). Dựa vào căn cứ nào về cấu tạo nguyên tử để đưa ra quy luật sắp xếp đó?

b) Dựa vào cấu hình electron, hãy giải thích sự lớn hơn năng lượng ion hoá thứ nhất ( $I_1$ ) của Mg so với Al (Mg có  $I_1 = 7,644 \text{ eV}$ ; Al có  $I_1 = 5,984 \text{ eV}$ ).

#### ***Giải***

a) Thứ tự giảm  $I_1$  là Li, Na, K

**Căn cứ:** Các nguyên tố đó đều thuộc nhóm IA, có 1 electron hoá trị từ trên xuống tuy điện tích hạt nhân tăng dần nhưng bán kính nguyên tử tăng nhanh do số lớp electron tăng nên lực hút giữa hạt nhân với electron hoá trị giảm từ trên xuống. Kết quả:  $I_1$  giảm từ trên xuống.

b) Mg ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$ ; Al ( $Z = 13$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

Khi tách 1 electron của Mg từ phân lớp bão hoà  $3s^1$  phải tốn nhiều năng lượng hơn khi tách 1 electron của Al từ phân lớp chưa bão hoà  $3p^1$ . Do đó Mg có  $I_1$  lớn hơn Al.

**Ví dụ 2:** Bằng thiết bị và điều kiện thích hợp, một bức xạ có độ dài sóng 58,43 nm được chiếu vào một dòng khí nitrơ. Người ta xác định được tốc độ của dòng electron đầu tiên  $1,4072 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1}$ , tốc độ của dòng electron tiếp theo là  $1,266 \cdot 10^6 \text{ m.s}^{-1}$ . Tính năng lượng ion hoá thứ nhất ( $I_1$ ) và năng lượng ion hoá thứ hai ( $I_2$ ) theo  $\text{kJ.mol}^{-1}$ . Cho hằng số Planck  $h = 6,6261 \cdot 10^{-31} \text{ J.s}$ ; tốc độ ánh sáng  $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ; số Avogadro  $N_A = 6,0221 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ; khối lượng electron  $m_e = 9,1094 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ .

### Giải

Giả thiết tác dụng của bức xạ chỉ tách electron từ phân tử nitor.

$$h\nu = \frac{1}{2}mv_i^2 + I_i \Rightarrow I_i = h\nu - \frac{1}{2}mv_i^2 \quad (*)$$

$$h\nu = 6,6261 \cdot 10^{-31} \cdot 2,9979 \cdot 10^8 \cdot \frac{1}{58,43 \cdot 10^{-9}} \cdot 6,0221 \cdot 10^{23} \cdot 10^{-3} \\ = 2050,485 \text{ (kJ.mol}^{-1}\text{)}$$

Thay vào (\*) ta tính được:

$$I_1 = 1507,335 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$I_2 = 1610,867 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

**Ví dụ 3:** Từ thực nghiệm, biết năng lượng ion hóa thứ nhất ( $I_1$ ) của Li = 5,390 eV.

Quá trình  $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^{2+} + 2e$  có  $I_{12} = 81,009$  eV. Hãy tính năng lượng ion hóa  $I_2$  và năng lượng kèm theo quá trình  $\text{Li} \rightarrow \text{Li}^{3+} + 3e$

### Giải

$$\text{Ta có: } \text{Li} \rightarrow \text{Li}^+ + 1e \quad I_1 = 5,390 \text{ eV}$$

$$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^{2+} + 2e \quad I_{12} = 81,009 \text{ eV}$$

$$\Rightarrow \text{Li}^+ \rightarrow \text{Li}^{2+} + 1e \quad I_2 = I_{12} - I_1 = 81,009 - 5,390 = 75,619 \text{ eV}$$

$$\text{Li}^{2+} \rightarrow \text{Li}^{3+} + 1e \quad I_3 = -E_3$$

$\text{Li}^{2+}$  là hệ 1electron một hạt nhân, nên năng lượng của electron được tính theo công thức:

$$E_3 = -13,6 \frac{Z^2}{n^2} = -13,6 \cdot \frac{3^2}{1^2} = -122,4 \text{ eV} \Rightarrow I_3 = 122,4 \text{ eV}$$

$$\text{Li} \rightarrow \text{Li}^{3+} + 3e \quad I = I_1 + I_2 + I_3 = 203,409 \text{ eV}$$

**Ví dụ 4:** Cho biết một số giá trị năng lượng ion hoá thứ nhất ( $I_1$ , eV): 5,14; 7,64; 21,58 của Ne, Na, Mg và một số giá trị năng lượng ion hoá thứ hai ( $I_2$ , eV): 41,07; 47,29 của Na và Ne. Hãy gán mỗi giá trị  $I_1$ ,  $I_2$  cho mỗi nguyên tố và giải thích. Hỏi  $I_2$  của Mg như thế nào so với các giá trị trên ? Vì sao ?

### Giải

• Ne  $...2s^2 2p^6$  cấu hình bền vững. Na  $...2s^2 2p^6 3s^1$  có electron 3s dễ tách ra khỏi nguyên tử để có cấu hình bền vững của khí hiếm Ne  $\Rightarrow I_1$  của Na nhỏ hơn  $I_1$  của Ne. Mg  $...2s^2 2p^6 3s^2$  có điện tích hạt nhân lớn hơn so với Na nên năng lượng  $I_1$  lớn hơn  $I_1$  của Na. Vậy:

$$I_1 (\text{Na}) = 5,14; I_1 (\text{Mg}) = 7,64; I_1 (\text{Ne}) = 21,58.$$

•  $\text{Na}^+$  có cấu hình bền vững của Ne, trong khi đó  $\text{Ne}^+$  có cấu hình kém bền. Sự tách electron ra khỏi cấu hình bền vững của  $\text{Na}^+$  đòi hỏi một năng lượng  $I_2$  lớn hơn  $I_2$  của Ne. Vậy:

$$I_2 (\text{Na}) = 47,29; I_2 (\text{Ne}) = 41,07.$$

•  $Mg^+$  có cấu hình  $[Ne]3s^1$ , trong đó electron 3s dễ tách ra khỏi nguyên tử để có cấu hình bền vững của Ne nên  $I_2$  của Mg nhỏ hơn  $I_2$  của Na

$$\Rightarrow I_2 (Mg) < 47,29.$$

**Ví dụ 5:** Cho nguyên tử  $_{20}Ca$ ;  $_{21}Sc$ ;  $_{22}Ti$ ;  $_{23}V$ ;  $_{24}Cr$ ;  $_{25}Mn$  có năng lượng ion hoá  $I_2$  (không theo thứ tự) là: 14,15; 12,8; 15,64; 11,87; 16,50; 13,58. Hãy gán các giá trị  $I_2$  thích hợp vào nguyên tử tương ứng với các nguyên tố trên. Giải thích.

**Giải**

Nguyên tố	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn
Cấu hình electron	$[Ar]4s^2$	$[Ar]3d^1 4s^2$	$[Ar]3d^2 4s^2$	$[Ar]3d^3 4s^2$	$[Ar]3d^5 4s^1$	$[Ar]3d^5 4s^2$
Năng lượng ion hoá $I_2$	11,87	12,80	13,58	14,15	16,50	15,64

**Giải thích:** Từ Ca đến V đều là sự tách electron 4s thứ 2. Do sự tăng điện tích hạt nhân nên lực hút giữa hạt nhân và các electron 4s tăng dần  $\Rightarrow$  năng lượng ion hoá  $I_2$  tăng dần. Đối với crom, do có cấu hình electron đặc biệt, năng lượng ion hoá  $I_2$  là năng lượng cần thiết để tách electron thứ 2 ra khỏi cấu hình  $3d^5$  bền vững nên năng lượng ion hoá  $I_2$  của Cr cao hơn  $I_2$  của V và Mn.

**C. BÀI TẬP**

- a) Cation  $M^{2+}$  có cấu hình electron phân lớp ngoài cùng là  $3d^7$ . Xác định vị trí của X trong bảng tuần hoàn.

b) Anion  $X^-$  có cấu hình electron lớp ngoài cùng là  $4s^2 4p^6$ . Xác định vị trí trong bảng tuần hoàn và cho biết tính chất hoá học cơ bản của X, hợp chất oxit cao nhất, hidroxit tương ứng của nó.
- Cho biết nguyên tử của các nguyên tố A, B, C có cấu hình electron cuối cùng được xếp vào phân lớp ngoài để có cấu hình electron là:  $3p^2$  (A) ;  $4s^1$  (B) ;  $3d^8$  (C).

a) Viết cấu hình electron đầy đủ của các nguyên tố trên.

b) Xác định vị trí của A, B, C trong bảng tuần hoàn.
- Nguyên tử của nguyên tố X có cấu hình electron  $[Ar]3d^a 4s^1$ . Xác định cấu hình electron có thể có của X, từ đó cho biết vị trí của X trong bảng tuần hoàn.
- X, Y là hai nguyên tố thuộc cùng một nhóm ở hai chu kì liên tiếp trong bảng tuần hoàn. Tổng số proton trong hai hạt nhân nguyên tử là 18. Xác định X, Y và so sánh tính kim loại hoặc phi kim giữa chúng. Giải thích.
- A, B là hai nguyên tố thuộc cùng một chu kì và ở hai nhóm liên tiếp. Tổng số hạt mang điện trong A, B là 66.

a) Xác định vị trí của A, B trong bảng tuần hoàn.

b) So sánh tính chất của A, B và hợp chất oxit cao nhất, hidroxit tương ứng.

6. Oxit cao nhất của nguyên tố R ứng với công thức  $R_2O_5$ , với hidro nó tạo ra hợp chất khí chứa 91,176% khối lượng R. Tìm R và vị trí của nó trong bảng tuần hoàn.
7. Ba nguyên tố X, Y, Z trong cùng một chu kì có tổng số hiệu nguyên tử 39. Số hiệu nguyên tử Y bằng trung bình cộng số hiệu nguyên tử X và Z. Nguyên tử của 3 nguyên tố này hầu như không phản ứng với  $H_2O$  ở điều kiện thường.
- Hãy xác định vị trí của các nguyên tố đó trong bảng tuần hoàn.
  - So sánh độ âm điện, bán kính nguyên tử của các nguyên tố đó.
  - So sánh tính bazơ của các hidroxit.
8. a) Các nguyên tố A, B, C, D, E có điện tích dương tương ứng là +16, +8, +1, +17, +11. Không tra bảng tuần hoàn hãy viết cấu hình electron và xác định vị trí của chúng trong bảng tuần hoàn
- b) Lấy các nguyên tố chu kì 3 và nhóm IIA trong bảng tuần hoàn để minh họa cho quy luật: Trong một chu kì khi đi từ trái sang phải tính tính bazơ giảm dần đồng thời tính kim loại mạnh dần. Trong một nhóm chính đi từ trên xuống dưới tính bazơ tăng dần đồng thời tính axit giảm dần.
9. Cho hai nguyên tố X và Y cùng nằm trong một nhóm chính của hai chu kì liên tiếp. Tổng số điện tích hạt nhân của X và Y là 24. Hai nguyên tố A và B đứng kế tiếp nhau trong một chu kì, tổng số khối của chúng là 51, số nơtron của B lớn hơn của A là 2, số electron của A bằng số nơtron của nó.
- Xác định các nguyên tố trên và viết cấu hình electron của chúng.
  - Sắp xếp các nguyên tố theo chiều tăng dần tính kim loại và giảm dần tính phi kim.
  - Hãy viết công thức hợp chất giữa chúng, nếu có.
10. a) Một nguyên tử A có tổng số hạt các loại bằng 115. Số hạt mang điện nhiều hơn số hạt không mang điện là 25 hạt. Hãy xác định vị trí của A trong bảng tuần hoàn.
- b) Hai nguyên tố X, Y thuộc cùng nhóm và hai chu kì liên tiếp trong bảng tuần hoàn có tổng điện tích hạt nhân là 16. Xác định vị trí của hai nguyên tố trong bảng tuần hoàn và so sánh tính chất hóa học của chúng.
- c) Hai nguyên tố B và D ở cùng một chu kì và thuộc hai nhóm liên tiếp nhau trong bảng tuần hoàn. Tổng số hiệu nguyên tử của B và D là 31. Hãy viết cấu hình electron của B và D. Nêu tính chất hóa học đặc trưng của mỗi nguyên tố và viết cấu hình electron của các ion tạo thành từ tính chất hóa học đặc trưng đó.
11. Nêu ý nghĩa về cấu tạo của cấu hình electron  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 (1)$ .  
Cấu hình này có thể gặp ở nguyên tử hay ion nào ?
12. Ion  $X^{2-}$  có phân lớp electron lớp ngoài cùng là  $3p^6$ .
- Xác định điện tích hạt nhân, cấu hình electron của nó và vị trí X trong bảng tuần hoàn.
  - Viết công thức oxit cao nhất và hợp chất khí với hidro của X và nêu tóm tắt tính chất của mỗi hợp chất này, dẫn ra các phương trình phản ứng để minh họa.

13. Căn cứ vào cấu hình electron của  $\text{Na}^+$  ( $Z = 11$ ) và  $\text{Ne}$  ( $Z = 10$ ), hãy so sánh bán kính của chúng.

14. Hai nguyên tố A và B có electron cuối cùng ứng với 4 số lượng tử:

$$\text{A} (n = 3; l = 1; m_l = 0; m_s = -1/2)$$

$$\text{B} (n = 4; l = 1; m_l = -1; m_s = -1/2)$$

Viết cấu hình electron, xác định vị trí của A và B trong bảng tuần hoàn

15. Một hợp chất A tạo thành từ các ion  $\text{X}^+$  và  $\text{Y}^{2-}$ . Trong ion  $\text{X}^+$  có 5 hạt nhân của hai nguyên tố và có 10 electron. Trong ion  $\text{Y}^{2-}$  có 4 hạt nhân thuộc hai nguyên tố trong cùng một chu kì và đứng cách nhau một ô trong bảng tuần hoàn. Tổng số electron trong  $\text{Y}^{2-}$  là 32. Hãy xác định các nguyên tố trong hợp chất A và lập công thức hoá học của A.

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI

1. a) Cấu hình electron đầy đủ của  $\text{M}^{2+}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7$

$$\Rightarrow Z_M = Z_{M^{2+}} = \text{Số e} (\text{M}^{2+}) + 2 = 25 + 2 = 27 (\text{Co})$$

$$\text{Co} (Z = 27): 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^7 4s^2$$

$$\text{Vị trí của Co trong bảng tuần hoàn: } \begin{cases} \text{STT : 27} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIIIB} \end{cases}$$

b) Cấu hình electron đầy đủ của  $\text{X}^-$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^6$

$$\Rightarrow Z_X = Z_{X^-} = \text{Số e} (\text{X}^-) - 1 = 36 - 1 = 35 (\text{Br})$$

$$\text{Br} (Z = 35): 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$$

$$\text{- Vị trí của Br trong bảng tuần hoàn: } \begin{cases} \text{STT : 35} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIIA} \end{cases}$$

- Tính chất hoá học cơ bản và hợp chất của nó:

- Br là một phi kim điển hình.

- Hoá trị cao nhất đối với O là VII

- Hoá trị đối với H là I

- Công thức oxit cao nhất  $\text{Br}_2\text{O}_7$ , công thức hidroxit tương ứng



- Công thức hợp chất khí với H là HBr

-  $\text{Br}_2\text{O}_7$  là oxit axit,  $\text{HBrO}_4$  là axit rất mạnh.

2. a) Cấu hình electron đầy đủ:

$$\text{A: } 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2 \Rightarrow Z_A = 14 (\text{Si})$$



$$B: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \Rightarrow Z_B = 19 \text{ (K)}$$

$$C: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^8 4s^2 \Rightarrow Z_C = 28 \text{ (Ni)}$$

b) Vị trí trong bảng tuần hoàn:

$$\begin{aligned} - \text{Si: } & \begin{cases} \text{STT :14} \\ \text{Chu kì :3} \\ \text{Nhóm :IVA} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{K: } & \begin{cases} \text{STT :19} \\ \text{Chu kì :4} \\ \text{Nhóm :IA} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{Ni: } & \begin{cases} \text{STT :28} \\ \text{Chu kì :4} \\ \text{Nhóm :VIII B} \end{cases} \end{aligned}$$

3. Vì nguyên tử của nguyên tố X có cấu hình electron  $[\text{Ar}]3d^a 4s^1$  nên  $a = 0 ; 5$  hoặc 10.

$$\text{- Nếu } a = 0 \Rightarrow X: [\text{Ar}]4s^1 \equiv 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \Rightarrow Z_X = 19 \text{ (K)}$$

$$\begin{aligned} \text{Vị trí của K trong bảng tuần hoàn: } & \begin{cases} \text{STT :19} \\ \text{Chu kì :4} \\ \text{Nhóm :IA} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\text{- Nếu } a = 5 \Rightarrow X: [\text{Ar}]3d^5 4s^1 \equiv 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^5 4s^1 \Rightarrow Z_X = 24 \text{ (Cr)}$$

$$\begin{aligned} \text{Vị trí của Cr trong bảng tuần hoàn: } & \begin{cases} \text{STT :24} \\ \text{Chu kì :4} \\ \text{Nhóm :VIB} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\text{- Nếu } a = 10 \Rightarrow X: [\text{Ar}]3d^{10} 4s^1 \equiv 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^1 \Rightarrow Z_X = 29 \text{ (Cu)}$$

$$\begin{aligned} \text{Vị trí của Cu trong bảng tuần hoàn: } & \begin{cases} \text{STT :29} \\ \text{Chu kì :4} \\ \text{Nhóm :IB} \end{cases} \end{aligned}$$

4. Gọi  $Z_X, Z_Y$  lần lượt là số proton của hai nguyên tử X, Y.

$$\text{Ta có: } Z_X + Z_Y = 14 \quad (1)$$

$$\Rightarrow \bar{Z} = \frac{14}{2} = 7 \Rightarrow Z_X < 7 \Rightarrow X \text{ thuộc chu kì 1 hoặc 2}$$

$\Rightarrow Y$  thuộc chu kì 2 hay 3 tức là X, Y thuộc chu kì nhỏ

Do X, Y thuộc cùng một nhóm và ở hai chu kì nhỏ liên tiếp nên cách nhau 8 ô.

$$Z_Y - Z_X = 8 \quad (2)$$

Giải hệ (1) (2) ta được:  $\begin{cases} Z_X = 3 (\text{Li}) \\ Z_Y = 11 (\text{Na}) \end{cases}$

Tính kim loại:  $\text{Li} < \text{Na}$  vì  $\text{Na}$  có số lớp electron lớn hơn  $\text{Li}$  nên  $\text{Na}$  có bán kính nguyên tử lớn hơn  $\text{Li}$  dẫn đến khả năng nhường electron của  $\text{Na}$  mạnh hơn  $\text{Li}$ .

5. a) Gọi  $Z_A, Z_B$  lần lượt là số proton trong hai nguyên tử của hai nguyên tố A, B.

Từ dữ kiện đề ra, ta có hệ:  $\begin{cases} 2(Z_A + Z_B) = 66 \\ Z_B - Z_A = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 16 (\text{S}) \\ Z_B = 17 (\text{Cl}) \end{cases}$

Vị trí của A, B trong bảng tuần hoàn:

- A là S ( $Z = 16$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

$\begin{cases} \text{STT : 16} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : VIA} \end{cases}$

- B là Cl ( $Z = 17$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

$\begin{cases} \text{STT : 17} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : VIIA} \end{cases}$

b) Tính phi kim của Cl mạnh hơn S vì Cl có bán kính nguyên tử bé hơn S nên khả năng hút electron mạnh hơn.

Nguyên tố	S	Cl
Công thức oxit cao nhất	$\text{SO}_3$	$\text{Cl}_2\text{O}_7$
Công thức hidroxit tương ứng	$\text{S}(\text{OH})_6 \equiv \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Cl}(\text{OH})_7 \equiv \text{HClO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Tính axit:  $\text{SO}_3 < \text{Cl}_2\text{O}_7$

$\text{H}_2\text{SO}_4 < \text{HClO}_4$

6. Oxit cao nhất của nguyên tố R ứng với công thức  $\text{R}_2\text{O}_5 \Rightarrow$  Công thức hợp chất khí với hidro là  $\text{RH}_3$ .

Theo đề ra, ta có:  $\%R = \frac{R}{R+3} = \frac{91,176}{100} \Rightarrow R = 31 (\text{P})$

Vị trí của P trong bảng tuần hoàn:

P ( $Z = 15$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

$\begin{cases} \text{STT : 15} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : VA} \end{cases}$

7. a) Theo đề ra, ta có:

$$Z_X + Z_Y + Z_Z = 39 \tag{1}$$

$$Z_Y = \frac{Z_X + Z_Z}{2} \tag{2}$$

$$\Rightarrow Z_Y = 13 \Rightarrow Y \text{ là Al: } [\text{Ne}]3s^23p^1$$

Vì nguyên tử của 3 nguyên tố này hầu như không phản ứng với H<sub>2</sub>O ở điều kiện thường nên  $Z_X = 12 \Rightarrow X \text{ là Mg: } [\text{Ne}]3s^2$

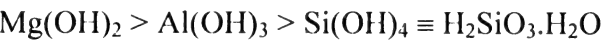
$$\Rightarrow Z_Z = 14 \Rightarrow Z \text{ là Si: } [\text{Ne}]3s^23p^2$$

- Cả 3 nguyên tố đều thuộc chu kì 3. Mg ở nhóm IIA, Al ở nhóm IIIA và Si ở nhóm IVA.

b) Thứ tự độ âm điện:  $\text{Mg} < \text{Al} < \text{Si}$

Thứ tự bán kính nguyên tử:  $\text{Mg} > \text{Al} > \text{Si}$

c) Thứ tự tính bazơ:



Bazơ yếu	Hidroxit lưỡng tính	Axit yếu
----------	---------------------	----------

8. a)

Nguyên tố	A (Z = 16)	B (Z = 8)	C (Z = 1)	D (Z = 17)	E (Z = 11)
Cấu hình electron	$1s^22s^22p^63s^23p^4$	$1s^22s^22p^4$	$1s^1$	$1s^22s^22p^63s^23p^5$	$1s^22s^22p^63s^1$
Vị trí	Số thứ tự: 16; chu kì: 3; nhóm: VIA	Số thứ tự: 8; chu kì: 2; nhóm: VIA	Số thứ tự: 1; chu kì: 1; nhóm IA	Số thứ tự: 17; chu kì: 3; nhóm: VIIA	Số thứ tự: 11; chu kì: 3; nhóm: IA

b) Bạn đọc tự giải

9.

a) Gọi  $Z_X, Z_Y, Z_A, Z_B$  lần lượt là số proton trong nguyên tử của các nguyên tố X, Y, A, B.

• Tìm X, Y

Theo đề ra:  $Z_X + Z_Y = 24 \tag{1}$

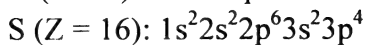
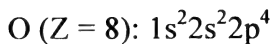
$$\Rightarrow \bar{Z} = \frac{24}{2} = 12 \rightarrow X, Y \text{ là hai nguyên tố thuộc chu kì nhỏ.}$$

Do chúng cùng thuộc cùng một nhóm và ở hai chu kì liên tiếp nên chúng cách nhau 8 ô.

$$Z_Y - Z_X = 8 \tag{2}$$

Giải hệ (1) (2)  $\rightarrow Z_X = 8 \text{ (O)} \text{ và } Z_Y = 16 \text{ (S)}$

⇒ Cấu hình electron:

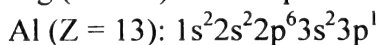
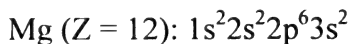


• Tìm A, B

$$\begin{cases} Z_A + N_A + Z_B + N_B = 51 \\ Z_B - Z_A = 1 \\ N_B - N_A = 2 \\ Z_A = N_A \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 12 \\ N_A = 12 \\ Z_B = 13 \\ N_B = 14 \end{cases}$$

A là Mg; B là Al

⇒ Cấu hình electron:



b) Theo nhóm VIA tính phi kim: O > S

Theo chu kì 3 tính kim loại: Al < Mg

⇒ Theo dãy: Al - Mg - S - O thì tính kim loại giảm đồng thời tính phi kim tăng

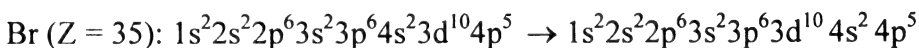
c) Công thức hợp chất giữa chúng



10. a) Gọi  $Z_A$ ,  $N_A$  lần lượt là số proton và số notron của A.

$$\text{Ta có: } \begin{cases} 2Z_A + N_A = 115 \\ 2Z_A - N_A = 25 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 35 \\ N_A = 45 \end{cases} \Rightarrow \text{A là brom (Br)}$$

Cấu hình electron:



$$\text{Vị trí: } \begin{cases} \text{STT : 35} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIIA} \end{cases}$$

b) Gọi  $Z_X$ ,  $Z_Y$  lần lượt là số điện tích hạt nhân trong nguyên tử của hai nguyên tố X, Y. Ta có:

$$Z_X + Z_Y = 16 \quad (1)$$

$$\rightarrow \bar{Z} = \frac{16}{2} = 8$$

⇒ X, Y là hai nguyên tố thuộc chu kì nhỏ.

Do chúng cùng thuộc cùng một nhóm và ở hai chu kì liên tiếp nên chúng cách nhau 8 ô.

$$Z_Y - Z_X = 8 \quad (2)$$

Giải hệ (1) (2) →  $Z_X = 4$  (Be) và  $Z_Y = 12$  (Mg)

• Vị trí:

Be ( $Z = 4$ ):  $1s^2 2s^2 \Rightarrow$  Số thứ tự: 4; chu kì: 2; nhóm IIA

Mg ( $Z = 12$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 \Rightarrow$  Số thứ tự: 12; chu kì 3; nhóm IIA

c) Theo đề ra, ta có hệ: 
$$\begin{cases} Z_B + Z_D = 31 \\ Z_D - Z_B = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_B = 15 \\ Z_D = 16 \end{cases}$$

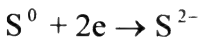
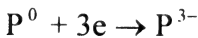
$\Rightarrow$  B là photpho (P); D là lưu huỳnh (S)

Cấu hình electron:

P ( $Z = 15$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

S ( $Z = 16$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

Tính chất hóa học đặc trưng của P và S là tính oxi hóa.



Cấu hình electron của các ion:

$P^{3-}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

$S^{2-}$ :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

11. Kí hiệu (1) là cấu hình electron. Có thể đó là cấu hình electron của:

• Nguyên tử: lúc đó ta biết

- Điện tích hạt nhân của nguyên tố là 18 vì trong (1) có 18 electron. Đó là nguyên tử của nguyên tố Ar.

- Nguyên tử này ở chu kỳ 3 vì trong (1) có 3 lớp electron.

- Đây là nguyên tố khí trơ vì số electron lớp ngoài cùng đạt tới bão hoà là 8.

• Ion dương (cation):

- Có thể là ion có điện tích  $1+$  lúc đó nguyên tử ban đầu có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  (2)

+ Điện tích hạt nhân của nguyên tố là 19 vì trong (2) có 19 electron. Đó là nguyên tử của nguyên tố K.

+ Nguyên tử này ở chu kỳ 4 vì trong (2) có 4 lớp electron.

+ (1) là cấu hình electron của  $K^+$ .

- Có thể là ion có điện tích  $2+$  lúc đó nguyên tử ban đầu có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$  (3)

+ Điện tích hạt nhân của nguyên tố là 20 vì trong (3) có 20 electron. Đó là nguyên tử của nguyên tố Ca.

+ Nguyên tử này ở chu kỳ 4 vì trong (3) có 4 lớp electron.

+ (1) là cấu hình electron của  $Ca^{2+}$ .

- Về nguyên tắc có thể có cation điện tích từ  $3+$  trở lên.

• Ion âm (anion):

- Có thể là ion có điện tích  $1-$  lúc đó nguyên tử ban đầu có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$  (4)

+ Điện tích hạt nhân của nguyên tố là 17 vì trong (4) có 17 electron. Đó là nguyên tử của nguyên tố Cl.

+ Nguyên tố này ở chu kỳ 3 vì trong (4) có 3 lớp electron.

+ (1) là cấu hình electron của  $\text{Cl}^-$ .

- Có thể là ion có điện tích 2- lúc đó nguyên tử ban đầu có cấu hình electron là  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$  (5)

+ Điện tích hạt nhân của nguyên tố là 16 vì trong (5) có 16 electron. Đó là nguyên tử của nguyên tố S.

+ Nguyên tố này ở chu kỳ 3 vì trong (5) có 3 lớp electron.

+ (1) là cấu hình electron của  $\text{S}^{2-}$ . Thực tế ion này khó tồn tại.

Anion có điện tích từ 3- trở đi rất ít gặp.

12. a)  $\text{X}^{2-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$  và  $\text{X}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ .

X có điện tích hạt nhân = 16, ở chu kỳ 3 và nhóm VIA

b)  $\text{XO}_3$  là oxit axit mạnh và  $\text{H}_2\text{X}$  có tính axit.

13. Đáp số:

1) a) r:  $\text{Na} > \text{Al} > \text{P} > \text{Cl}$

b) X:  $\text{Na} < \text{Al} < \text{P} < \text{Cl}$

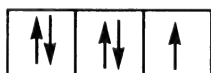
2) r:  $\text{Na}^+ < \text{Ne}$

14. Theo đề ra:

- Electron cuối cùng của A ứng với bộ bốn số lượng tử:

$n = 3; l = 1; m_l = 0; m_s = -1/2$

$\Rightarrow$  Cấu electron phân lớp ngoài cùng:  $\dots 3p^5$



$m_l: \quad -1 \quad \quad 0 \quad \quad +1$

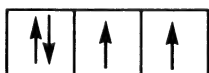
$\Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ của A:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \Rightarrow Z = \sum e = 17 (\text{Cl})$

Vị trí của Cl trong bảng tuần hoàn:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{STT : 17} \\ \text{Chu kì : 3} \\ \text{Nhóm : VIIA} \end{array} \right.$

- Electron cuối cùng của B ứng với bộ bốn số lượng tử:

$n = 4; l = 1; m_l = -1; m_s = -1/2$

$\Rightarrow$  Cấu electron phân lớp ngoài cùng:  $\dots 4p^4$



$m_l: \quad -1 \quad \quad 0 \quad \quad +1$

$\Rightarrow$  Cấu hình electron đầy đủ của B:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^4 \Rightarrow Z = \sum e = 34 (\text{Se})$

Vị trí của Se trong bảng tuần hoàn:  $\begin{cases} \text{STT : 34} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIA} \end{cases}$

### 15. Xác định $X^+$ :

Tổng số hạt proton trong  $X^+$  là:  $10 + 1 = 11$

$$\Rightarrow \bar{Z} = \frac{11}{5} = 2,2 \Rightarrow \text{Trong } X^+ \text{ có chứa nguyên tử H.}$$

Gọi nguyên tử thứ hai trong  $X^+$  là R, công thức  $X^+$  có thể là

$$RH_4^+: Z_R + 4 = 11 \Rightarrow Z_R = 7 \text{ (N)} \Rightarrow X^+ \text{ là } NH_4^+$$

$$R_2H_3^+: 2Z_R + 3 = 11 \Rightarrow Z_R = 4 \text{ (loại)}$$

$$R_3H_2^+: 3Z_R + 2 = 11 \Rightarrow Z_R = 3 \text{ (loại)}$$

Xác định ion  $Y^{2-}$ :

$Y^{2-}$  có 32 electron nên tổng số hạt proton trong 4 hạt nhân của  $Y^{2-}$  là:

$$32 - 2 = 30 \Rightarrow \bar{Z} = \frac{30}{4} = 7,5$$

$\Rightarrow$  Hai nguyên tố trong  $Y^{2-}$  đều thuộc chu kì 2. Gọi A, B là hai nguyên tố trong  $Y^{2-} \Rightarrow Z_B = Z_A + 2$ .

Công thức  $Y^{2-}$  có thể là:

$$AB_3^{2-}: \begin{cases} Z_A + 3Z_B = 30 \\ Z_B = Z_A + 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 6 \text{ (C)} \\ Z_B = 8 \text{ (O)} \end{cases} \Rightarrow Y^{2-}: CO_3^{2-}$$

$$A_2B_2^{2-}: \begin{cases} 2Z_A + 2Z_B = 30 \\ Z_B = Z_A + 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 6,5 \\ Z_B = 8,5 \end{cases} \text{ (loại)}$$

$$A_3B^{2-}: \begin{cases} 3Z_A + Z_B = 30 \\ Z_B = Z_A + 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 7 \\ Z_B = 9 \end{cases} \text{ (loại)}$$

Vậy hợp chất A có công thức là  $(NH_4)_2CO_3$ .

**A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO**

**I. KHÁI QUÁT VỀ PHÂN TỬ VÀ LIÊN KẾT**

**1. Khái niệm**

Phân tử gồm một số có giới hạn các nguyên tử và các electron tương tác với nhau và được phân bố một cách xác định trong không gian tạo thành một cấu trúc thống nhất bền vững.

Giữa các phân tử có 1 tương tác chủ yếu được gọi là tương tác Vandevan, vì vậy tùy nhiệt độ và ánh sáng các phân tử chẳng những tồn tại ở trạng thái khí phân tán mà còn tồn tại ở trạng thái ngưng tụ: rắn, lỏng.

*Liên kết hoá học là sự kết hợp giữa các nguyên tử tạo thành phân tử hay tinh thể bền vững hơn.*

**2. Quy tắc bát tử (8 electron)**

*Nguyên tử của các nguyên tố có khuynh hướng liên kết với các nguyên tử khác để đạt được cấu hình electron vững bền của các khí hiếm với 8 electron (hoặc 2 đối với heli) ở lớp ngoài cùng.*

Với quy tắc bát tử, người ta có thể giải thích một cách định tính sự hình thành các loại liên kết trong phân tử, đặc biệt là cách viết công thức cấu tạo trong các hợp chất thông thường.

Vì phân tử là một hệ phức tạp nên nhiều trường hợp quy tắc bát tử tỏ ra không đầy đủ. *Ví dụ:*  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{LiCl}$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  ...

**II. LIÊN KẾT ION**

**1. Sự hình thành ion**

**a) Ion**

Nguyên tử trung hoà về điện vì số proton bằng số electron. Trong phản ứng hoá học, nếu nguyên tử mất bớt hoặc thu thêm electron, nó sẽ trở thành phân tử mang điện tích dương hoặc âm. *Nguyên tử hoặc nhóm nguyên tử mang điện được gọi là ion.*

• *Ion dương (hay cation):*

Ion mang điện tích dương được gọi là *ion dương hay cation*. Thí dụ:

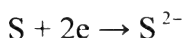
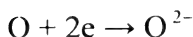
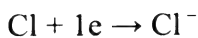


Người ta gọi tên cation kim loại bằng cách đặt trước tên kim loại từ cation. Thí dụ:  $\text{Li}^+$ : cation liti;  $\text{Mg}^{2+}$ : cation magie;  $\text{Al}^{3+}$ : cation nhôm;  $\text{Cu}^+$ : cation đồng I;  $\text{Cu}^{2+}$ : cation đồng II; ...



• **Ion âm (hay anion):**

Ion mang điện tích âm được gọi là *ion âm hay anion*. Thí dụ:



Người ta thường gọi tên các anion bằng tên gốc axit tương ứng. Thí dụ:

$\text{F}^-$ : ion florua;  $\text{Cl}^-$ : ion clorua;  $\text{S}^{2-}$ : ion sunfua. Ion  $\text{O}^{2-}$  được gọi là ion oxit.

**b) Ion đơn nguyên tử và ion đa nguyên tử**

*Ion đơn nguyên tử* là ion được tạo nên từ một nguyên tử.

Thí dụ:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Br}^-$ , ...

*Ion đa nguyên tử* là ion được tạo nên từ nhiều nguyên tử liên kết với nhau để thành một nhóm nguyên tử mang điện tích dương hay âm. Thí dụ, ion amoni ( $\text{NH}_4^+$ ), ion nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), ion sunfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), ion dihidro photphat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), ...

**2. Liên kết ion**

*Là liên kết được tạo thành do lực hút tĩnh điện giữa các ion mang điện tích trái dấu.*

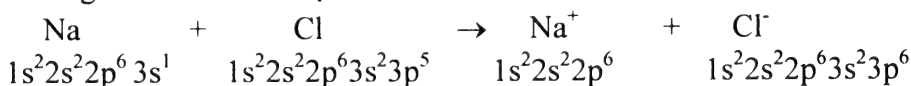
- Trong phân tử nếu cặp electron chung bị *lệch hẳn* về phía một nguyên tử ta sẽ có liên kết ion.

- Liên kết ion thường được hình thành giữa kim loại điển hình và phi kim điển hình.

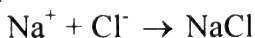
- Liên kết A - B là liên kết ion  $\leftrightarrow$  Hiệu độ âm điện ( $\Delta\chi = |\chi_A - \chi_B| > 1,7$ ).

Khi đó A sẽ *nhường hẳn* electron hóa trị cho B để trở thành các ion trái dấu.

Thí dụ: Liên kết  $\text{Na}^+\text{Cl}^-$  là liên kết ion vì trong quá trình hình thành liên kết Na đã nhường 1 electron hóa trị cho Cl để trở thành các ion  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$ .



Hai ion được tạo thành mang điện tích trái dấu hút nhau bằng lực hút tĩnh điện, tạo nên phân tử NaCl.



**3. Tinh thể và mạng tinh thể ion**

**a) Khái niệm về tinh thể**

Tinh thể được cấu tạo từ những nguyên tử, hoặc ion, hoặc phân tử. Các hạt này sắp xếp một cách đều đặn, tuần hoàn theo một trật tự nhất định trong không gian tạo thành mạng tinh thể. Các tinh thể thường có hình dạng không gian xác định.

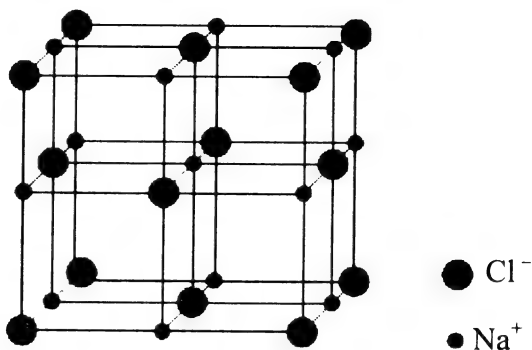
**b) Mạng tinh thể ion**

Xét mạng tinh thể NaCl:

Mạng tinh thể NaCl có cấu trúc hình lập phương. Các ion  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$  nằm ở các nút mạng tinh thể một cách luân phiên.

Trong tinh thể NaCl, cứ một ion  $\text{Na}^+$  được bao quanh bởi 6 ion  $\text{Cl}^-$ .

Ngược lại, một ion  $\text{Cl}^-$  được bao quanh bởi 6 ion  $\text{Na}^+$ .



Mô hình mạng tinh thể NaCl

Tinh thể NaCl được tạo bởi rất nhiều ion  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$ , không có phân tử NaCl riêng biệt. Tuy vậy, để đơn giản người ta chỉ viết NaCl. Tương tự đối với các hợp chất ion khác như: KCl,  $\text{MgCl}_2$ , ...

### c) Tính chất chung của hợp chất ion

Ở điều kiện thường, các hợp chất ion thường tồn tại ở dạng tinh thể, có tính bền vững, thường có nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi khá cao. Các hợp chất ion chỉ tồn tại ở dạng phân tử riêng rẽ khi chúng ở trạng thái hơi.

Các hợp chất ion thường tan nhiều trong nước. Khi nóng chảy và khi hoà tan trong nước chúng dẫn điện, còn trạng thái rắn thì không dẫn điện.

## III. LIÊN KẾT CỘNG HÓA TRỊ

### 1. Liên kết cộng hoá trị

*Liên kết cộng hoá trị là liên kết được hình thành bằng một hay nhiều cặp electron chung.*

Mỗi cặp electron chung tạo nên một liên kết cộng hóa trị.

- Liên kết cộng hóa trị thường được hình thành từ hai nguyên tử phi kim có độ âm điện bằng nhau hoặc chênh lệch nhau không nhiều ( $0 \leq \Delta\chi < 1,7$ ).

Dựa vào vị trí của cặp electron liên kết mà người ta phân ra làm hai loại:

#### • Liên kết cộng hoá trị không cực

Là liên kết xảy ra trong các đơn chất như  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{Br}_2$ , ....

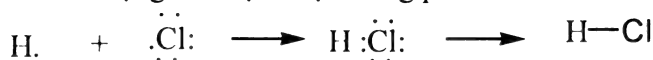
Cặp electron chung không bị lệch về nguyên tử của nguyên tố nào. Do đó, liên kết trong phân tử đó không bị phân cực. Đó là liên kết cộng hóa trị *không có cực*. Thí dụ:

Sự hình thành liên kết cộng hóa trị không có cực trong phân tử  $\text{H}_2$  có thể biểu diễn như sau:



### • Liên kết cộng hoá trị có cực

Liên kết cộng hoá trị trong đó cặp electron chung bị lệch về phía một nguyên tử (có giá trị độ âm điện lớn hơn), thì đó là liên kết *cộng hoá trị có cực*. Thí dụ: Sự hình thành liên kết cộng hoá trị có cực trong phân tử HCl có thể biểu diễn như sau:



*Công thức electron      Công thức cấu tạo*

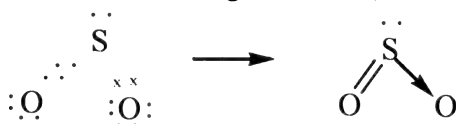
**Quy ước:**  $0 \leq \Delta\chi < 0,4 \rightarrow$  liên kết cộng hoá trị không có cực.

$0,4 \leq \Delta\chi < 1,7 \rightarrow$  liên kết cộng hoá trị có cực.

### 2. Liên kết cho - nhận (trường hợp đặc biệt của liên kết cộng hoá trị)

Trong một số trường hợp cặp electron chung chỉ do một nguyên tử của nguyên tố đóng góp thì liên kết giữa hai nguyên tử là *liên kết cho - nhận*. Thí dụ:

Công thức electron và công thức cấu tạo của phân tử  $\text{SO}_2$  có thể biểu diễn như sau:



*Công thức electron*

*Công thức cấu tạo*

### 3. Liên kết kim loại

Liên kết kim loại là liên kết được hình thành giữa các nguyên tử và ion kim loại trong mạng tinh thể do sự tham gia của các electron tự do. Thí dụ:

Trong tinh thể kim loại Na, ion  $\text{Na}^+$  và nguyên tử Na nằm ở những nút của của mạng tinh thể. Các electron hóa trị liên kết yếu với hạt nhân nên dễ tách khỏi nguyên tử và chuyển động tự do trong mạng tinh thể. Lực hút giữa các electron này với các ion  $\text{Na}^+$  tạo nên liên kết kim loại.

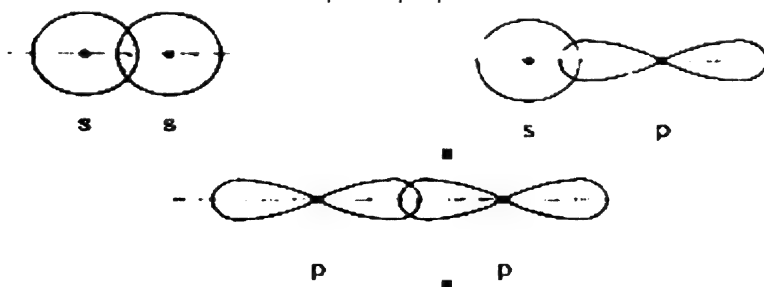
### 4. Liên kết sigma ( $\delta$ )

Sự xen phủ trong đó trục các obitan tham gia liên kết trùng với đường nối tâm của hai nguyên tử liên kết gọi là sự xen phủ trục.

*Liên kết  $\delta$  được hình thành do sự xen phủ trục của hai obitan.*

Độ bền liên kết  $\delta$  theo thứ tự:

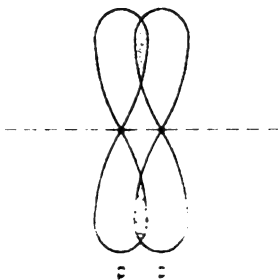
$$\delta_{\text{ns} - \text{ns}} < \delta_{\text{ns} - \text{np}} < \delta_{\text{np} - \text{np}}$$



## 5. Liên kết pi ( $\pi$ )

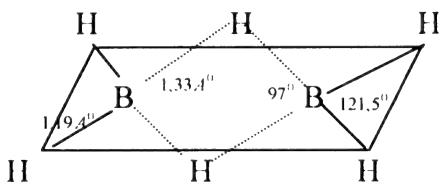
Sự xen phủ trong đó trục của các orbital tham gia liên kết song song với nhau và vuông góc với đường nối tâm của hai nguyên tử liên kết được gọi là sự xen phủ bên.

Liên kết  $\pi$  được hình thành do sự xen phủ bên của hai orbital.



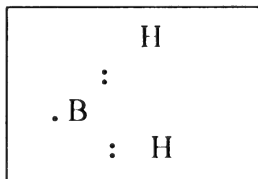
## 6. Liên kết ba tâm

Khi nghiên cứu hidrua của bo người ta dự đoán nó tồn tại ở dạng  $\text{BH}_3$  phân tử monome bình thường. Song hợp chất này không xuất hiện, mà xuất hiện dạng polime, phổ biến nhất là dạng dimer  $\text{B}_2\text{H}_6$ . Nếu vẽ sơ đồ phân bố electron thì rõ ràng không đủ số electron để tạo từng cặp electron giữa hai nguyên tử tạo liên kết, tức là hợp chất này thiếu electron. Cấu tạo của boran  $\text{B}_2\text{H}_6$  được mô tả ở hình dưới đây:



Hiện nay bản chất của liên kết trong các hợp chất thiếu electron được mô tả tốt nhất trong phạm vi thuyết MO, tức là liên kết cộng hoá trị được tạo ra bằng sự tổ hợp AO của một nguyên tử này với một nguyên tử khác để tạo ra 2 MO liên kết và phản liên kết. Nếu nghiên cứu hợp chất 3 nguyên tử, thì sự tổ hợp sẽ tạo ra 3 MO gồm  $\text{MO}_{\text{lk}}$ ,  $\text{MO}_{\text{plk}}$  và  $\text{MO}_{\text{klk}}$ .

Áp dụng cách lập luận này đối với phân tử  $\text{B}_2\text{H}_6$  có thể biểu diễn nó thành hai nhóm  $\text{BH}_2$ , tất cả các nguyên tử trong nhóm này đều nằm trên một mặt phẳng như được mô tả ở hình sau:



Trong mỗi nhóm  $\text{BH}_2$  có 2 liên kết 2 electron và một electron độc thân. Sau đó hai phần được liên kết với nhau nhờ các hidro. Ở đây xuất hiện sự thiếu hụt electron vì liên kết BHB chỉ được sắp xếp 2 electron. Có thể xây dựng hai liên kết 3 tâm, mỗi liên kết được tạo ra bởi orbital phân tử của hai nguyên tử bo và một

nguyên tử H. Đối với loại liên kết này phải sử dụng sự tổ hợp của 2 AO lai hoá  $sp^3$  của hai nguyên tử bo và AOs của nguyên tử H. Kết quả xuất hiện 2 bộ MO 3 tâm với 4 electron làm cho cấu trúc phân tử trở nên bền hơn.

- Ví dụ:** a) Tại sao có các phân tử  $BF_3$ ,  $BCl_3$ ,  $BBr_3$  nhưng không có phân tử  $BH_3$ ?  
b) Tại sao có phân tử  $Al_2Cl_6$ , nhưng không có phân tử  $B_2Cl_6$  ?

### **Giải**

a) Sự có mặt của liên kết  $\pi$  trong các phân tử  $BF_3$ ,  $BCl_3$ ... làm cho các lớp vỏ hoá trị của nguyên tử B lẫn nguyên tử halogen đạt quy tắc bát tử (bền vững). Không có được liên kết  $\pi$  ở  $BH_3$ , quanh B chỉ có 6e ở lớp vỏ ngoài cùng nên phân tử  $BH_3$  không bền vững và có khuynh hướng dime hoá để có cấu trúc bền vững (sự có mặt 2 liên kết 3 tâm xuất hiện sự xen phủ của 2 orbital lai hóa  $sp^2$  của nguyên tử B và orbital 1s của H làm cho các nguyên tử B đều bão hoà phối trí và có cơ cấu bền vững).

b) Kích thước của nguyên tử B quá nhỏ nên sự có mặt 4 nguyên tử Cl có thể tích tương đối lớn quanh nó sẽ gây ra tương tác đẩy lớn (hiệu ứng không gian hay yếu tố lập thể) làm cho phân tử kém bền vững.

### **7. Tính chất của các chất có liên kết cộng hoá trị**

Các chất mà phân tử có liên kết cộng hoá trị có thể là chất rắn như đường, lưu huỳnh, iot, ..., có thể là chất lỏng như: nước, ancol, ... hoặc chất khí như khí cacbonic, clo, hidro, ... Các chất có cực như ancol etylic, đường, ... tan nhiều trong dung môi có cực như nước. Phần lớn các chất không cực như iot, các chất hữu cơ không cực tan trong dung môi không cực như benzen, cacbon tetraclohua, ... Nói chung, các chất chỉ có liên kết cộng hoá trị không cực không dẫn điện ở mọi trạng thái.

## **IV. ĐẶC TRƯNG CƠ BẢN CỦA LIÊN KẾT HÓA HỌC**

### **1. Năng lượng liên kết**

• **Năng lượng liên kết:** Là năng lượng cần tiêu tốn để phá vỡ liên kết chuyển hai nguyên tử đó sang trạng thái cô lập xa vô hạn. Kí hiệu D hoặc E hoặc  $\Delta H$ .

Đơn vị: Đơn vị của năng lượng liên kết có thể tính theo eV/phân tử hay  $KJ.mol^{-1}$  hay  $Kcal.mol^{-1}$ .

$$1 \text{ eV} = 4,336.10^{-8} \text{ Kcal.mol}^{-1}; 1 \text{ Kcal} = 4,184 \text{ KJ}$$

Năng lượng liên kết đặc trưng cho độ bền của liên kết, năng lượng liên kết càng lớn thì liên kết càng bền.

• **Năng lượng phân tử:** Là năng lượng cần thiết để phá vỡ 1 liên kết hoá học, tách phân tử thành các nguyên tố. Thí dụ:



• **Quá trình phát nhiệt và thu nhiệt:**

Quá trình tạo thành liên kết từ các nguyên tử là quá trình phát nhiệt

Quá trình phá vỡ liên kết trong phân tử là quá trình thu nhiệt

## 2. Bậc của liên kết

Là số mỗi liên kết được hình thành giữa hai nguyên tử (liên kết đơn, liên kết đôi, liên kết ba)

Bậc 1 chỉ một liên kết giữa hai nguyên tử như  $\text{Cl} - \text{Cl}$ ,  $\text{H} - \text{H}$ ,  $\text{Br} - \text{Br}$ ,...

Bậc 2 chỉ hai liên kết giữa hai nguyên tử như  $\text{O} = \text{O}$ ,  $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$ ,...

Bậc 3 chỉ ba liên kết giữa hai nguyên tử như  $\text{N} \equiv \text{N}$ ,  $\text{CH} \equiv \text{CH}$ ,...

Bậc 4 chỉ bốn liên kết giữa hai nguyên tử như  $\text{O} = \text{C} = \text{O}$ ,...

## 3. Độ dài liên kết

Khoảng cách giữa hai hạt nhân của 2 nguyên tử liên kết trực tiếp với nhau gọi là độ dài liên kết. Đơn vị  $\text{\AA}^0$  ( $1\text{\AA}^0 = 10^{-8} \text{ cm}$ ).

Giữa 2 phân tử xác định thì độ dài liên kết giảm khi bậc liên kết cũng như năng lượng liên kết tăng.

## 4. Góc liên kết (hay góc hoá trị)

Là góc tạo bởi 2 nửa đường thẳng xuất phát từ hạt nhân của 1 nguyên tử và đi qua hai hạt nhân của hai nguyên tử khác liên kết trực tiếp với nguyên tử đó.

# V. HÓA TRỊ CỦA CÁC NGUYÊN TỐ

## 1. Định nghĩa

Là một đại lượng đặc trưng cho khả năng liên kết của các nguyên tử với nhau.

## 2. Electron hoá trị

Là những electron ở lớp vỏ ngoài cùng, có khả năng tham gia sự tạo thành liên kết hoá học.

## 3. Hoá trị trong hợp chất ion

*Khái niệm về điện hóa trị:* Hoá trị của một nguyên tố trong hợp chất ion gọi là điện hóa trị và bằng điện tích của ion đó.

*Cách xác định điện hóa trị:* Trị số điện hoá của một nguyên tố bằng đúng số electron mà nguyên tử của một nguyên tố nhường hoặc thu để tạo thành ion. Thí dụ: Trong phân tử  $\text{NaCl}$ , natri có điện hóa trị  $1+$ , clo có điện hóa trị  $1-$ .

## 4. Hoá trị trong hợp chất cộng hóa trị

*Khái niệm về cộng hóa trị:* Hoá trị của một nguyên tố trong hợp chất cộng hoá trị gọi là cộng hoá trị và bằng số liên kết mà nguyên tử của nguyên tố đó tạo ra được với các nguyên tử khác trong phân tử.

*Cách xác định cộng hóa trị:* Cộng hoá trị của một nguyên tố bằng số liên kết mà nguyên tử của nguyên tố đó tạo ra được với nguyên tử của nguyên tố khác trong phân tử. Thí dụ: Trong phân tử  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H} - \text{O} - \text{H}$ , nguyên tố H có cộng hóa trị 1, nguyên tố oxi có cộng hóa trị 2.

# VI. THUYẾT LIÊN KẾT HÓA TRỊ VÀ THUYẾT LAI HÓA, SỰ HÌNH THÀNH LIÊN KẾT ĐÔI VÀ LIÊN KẾT BA

## 1. Thuyết liên kết hoá trị (gọi tắt là thuyết VB)

Một trong những luận điểm cơ bản của thuyết này là: Mỗi liên kết hoá học giữa hai nguyên tử được đảm bảo bởi một đôi electron có spin đối song do hai

*nguyên tử đó góp chung.* Dựa vào quan điểm này, Hailor-Lơđon đã giải thích được một cách định lượng liên kết hoá học trong phân tử hiđro  $H_2$ .

Tuy nhiên, khi mở rộng việc áp dụng kết quả đó để giải thích liên kết hoá học trong các hệ khác thì kết quả không phù hợp. Chẳng hạn phân tử  $H_2O$ . Thục nghiệm đo được góc liên kết  $HOH$  bằng  $104,5^\circ$ . Nếu giả thiết rằng trong  $H_2O$ , nguyên tử oxi đưa ra 2 obitan p xen phủ với 2 obitan  $1s$  của 2 nguyên tử hiđro thì góc liên kết đó phải là  $90^\circ$ . Rõ ràng sự giải thích đó không phù hợp với thực nghiệm. Nguyên nhân có thể là ở chỗ: kết quả thu được với  $H_2$  là kết quả của một trường hợp đơn giản nhất, vì H có cấu hình electron  $1s^1$ . Trong  $H_2$  có sự xen phủ  $2AO_{1s}$  tạo liên kết. Trường hợp  $H_2O$  thì O có  $AO_{2p}$  khác xa về nhiều mặt với  $AO_{1s}$ .

Để áp dụng được thuyết VB cho các hệ khác  $H_2$ , có các luận điểm hay thuyết được bổ sung vào thuyết VB. Thuyết lai hoá là một trong số các thuyết đó.

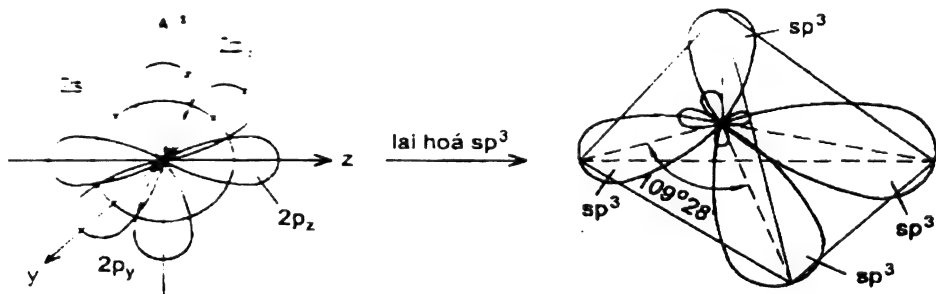
## 2. Thuyết lai hoá

### a) Nội dung

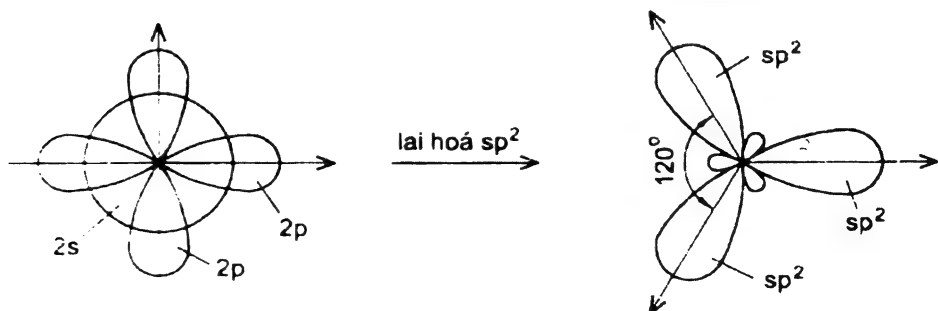
*Thuyết lai hoá cho rằng các obitan nguyên tử khác nhau của một nguyên tử gần nhau về năng lượng và phù hợp nhau về đối xứng có thể tổ hợp tuyến tính với nhau để tạo ra các obitan nguyên tử mới tương đương nhau. Các obitan nguyên tử mới này được gọi là các obitan nguyên tử lai hoá. Số AO lai hoá bằng tổng số AO tham gia tổ hợp.*

### b) Các kiểu lai hoá thường gặp

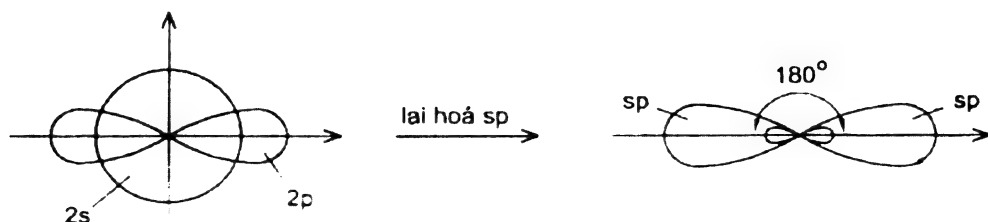
• **Lai hóa  $sp^3$  (lai hóa tứ diện):** Một  $AO_s$  và  $3AO_p$  tổ hợp với nhau tạo thành 4AO lai hóa  $sp^3$  hướng tới 4 đỉnh của một tứ diện đều. Góc lai hoá là  $109^\circ 28'$ .



• **Lai hóa  $sp^2$  (lai hóa tam giác):** Một  $AO_s$  và  $2AO_p$  tổ hợp với nhau tạo thành 3AO lai hóa  $sp^2$  có trục nằm trên mặt phẳng hình thành những góc  $120^\circ$ .



• **Lai hóa  $sp$  (lai hóa thẳng):** Một  $AO_s$  và một  $AO_p$  tổ hợp với nhau tạo thành 2AO lai hóa  $sp$  có trục nằm trên đường thẳng.



• **Lai hoá  $sp^3d$  (lai hoá lưỡng tháp tam giác):** 1 $AO_s$ , 3 $AO_p$  và 1 $AO_d$  tổ hợp tạo ra 5AO lai hoá  $sp^3d$ . Sự phân bố không gian của AO lai hoá này có dạng lưỡng tháp tam giác.

• **Lai hoá  $sp^3d^2$  (lai hoá bát diện):** 1 $AO_s$ , 3 $AO_p$  và 2 $AO_d$  tổ hợp tạo ra 6AO lai hoá  $sp^3d^2$ . Các AO này phân bố theo hình bát diện đều.

### c) Đặc điểm của các AO lai hoá

Số lượng AO lai hoá thu được bằng tổng số các AO nguyên tử tham gia lai hoá.

Năng lượng các AO nguyên tử lai hoá có cùng mức năng lượng (suy biến)

Mỗi AO lai hoá gồm hai phần: 1 phần phình ra, 1 phần thu hẹp, 2 phần này cách nhau một khoảng trống ở nhân nguyên tử hay tâm hệ toạ độ (khoảng trống tạo thành mặt nút).

Mỗi AO lai hoá đều được phân bố trên một trục (trục này có thể trùng với trục toạ độ). Vậy AO lai hoá đối xứng trục nên chỉ tạo liên kết  $\sigma$  bền (liên kết được hình thành dọc theo trục).

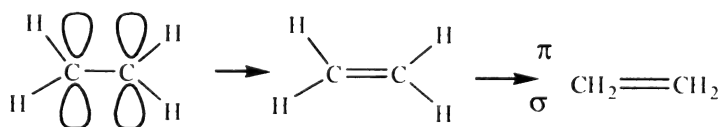
## 3. Sự hình thành liên kết đơn, liên kết đôi và liên kết ba

### a) Liên kết đơn

Là liên kết  $\sigma$ , được tạo thành do sự xen phủ trực và thường bền vững. Thí dụ: H-H, H-Cl, Cl-Cl, ...

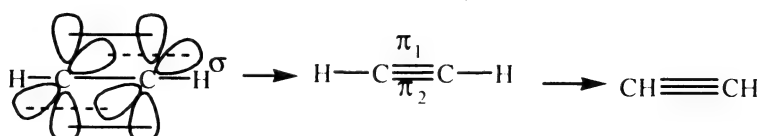
### b) Liên kết đôi

Gồm một liên kết  $\sigma$  và một liên kết  $\pi$ . Thí dụ:



### c) Liên kết ba

Gồm một liên kết  $\sigma$  và hai liên kết  $\pi$ . Thí dụ:





VII. MÔ HÌNH VSEPR (thuyết sức đẩy giữa các cặp e hoá trị)

- Nguyên lý: Mọi cặp electron liên kết và không liên kết (đôi electron tự do) của lớp ngoài đều cư trú thống kê ở cùng một khoảng cách đến hạt nhân, trên bề mặt quả cầu mà hạt nhân nằm ở tâm. Các electron tương ứng sẽ ở vị trí xa nhau nhất để lực đẩy của chúng giảm đến cực tiểu.

- Công thức VSEPR: Xét phân tử AX<sub>m</sub>E<sub>n</sub> trong đó m nguyên tử X liên kết với nguyên tử trung tâm A bằng những liên kết σ và n cặp e không liên kết hay cặp e tự do E. Khi đó tổng (m + n) xác định dạng hình học của phân tử:

- +) n + m = 2 ⇒ phân tử thẳng
- +) n + m = 3 ⇒ phân tử tam giác phẳng
- +) n + m = 4 ⇒ phân tử tứ diện
- +) n + m = 5 ⇒ phân tử tháp đôi đáy tam giác
- +) n + m = 6 ⇒ phân tử tháp đôi đáy vuông (bát diện)
- +) n + m = 7 ⇒ phân tử tháp đôi đáy ngũ giác

- Tiêu chí so sánh:

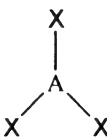
- +) Thứ tự lực đẩy giữa các cặp e như sau: KIK > KIK - IK > IK - IK
- +) Một cặp e độc thân đẩy yếu hơn một đôi


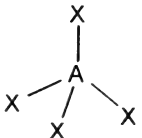
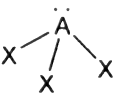
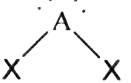
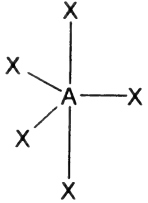

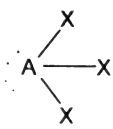

- Hệ quả cấu trúc:

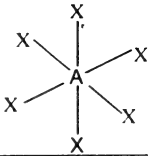
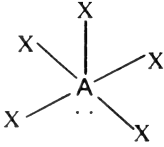
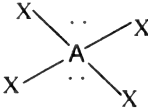
+ ) Góc liên kết: Sự có mặt của các cặp KIK ở nguyên tử trung tâm A của phân tử AX<sub>m</sub> nói chung sẽ kéo theo một biến dạng của phân tử. Các cặp KIK chiếm thể tích phần lớn của một cặp IK do đó làm mở góc liên kết EAX và làm khép góc liên kết XAX.

+ ) Phân cực hoá phân tử: Phân tử là phân cực khi có trung tâm điện tích dương và âm không trùng với nguyên tử trung tâm A, đó là trường hợp khi A mang các phối tử X và X' khác nhau, hoặc mang các cặp KIK (trừ trường hợp các cấu hình AX<sub>2</sub>E<sub>3</sub> và AX<sub>4</sub>E<sub>2</sub>).

- Dạng hình học của phân tử AX<sub>m</sub>E<sub>n</sub>

m + n	Đa diện phối trí X <sub>m</sub> E <sub>n</sub>	Dạng AX <sub>m</sub> E <sub>n</sub>	Dạng phân tử AX <sub>m</sub>	Sơ đồ đa diện	Phân tử liên kết đơn	Phân tử liên kết bội
2	Đoạn thẳng	AX <sub>2</sub> E <sub>0</sub>	Thẳng (A lai hoá sp)	X—A—X	BeH <sub>2</sub> , BeCl <sub>2</sub> , CdX <sub>2</sub> , HgX <sub>2</sub> , AgI <sub>2</sub> <sup>-</sup> , [Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup> , [CuCl <sub>2</sub> ] <sup>-</sup> , ...	CO <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , N <sub>3</sub> <sup>-</sup> , HCN, ...
3	Tam giác đều	AX <sub>3</sub> E <sub>0</sub>	Tam giác đều (A lai hoá sp <sup>2</sup> )		BH <sub>3</sub> , BX <sub>3</sub> , AlX <sub>3</sub> , GaX <sub>3</sub> , InX <sub>3</sub> , B(CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> F, In(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , ...	SO <sub>3</sub> , CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , ...

		$AX_2E_1$	Gấp khúc (A lai hoá $sp^2$ )		$SnX_2, PbX_2, \dots$	$SO_2, NO_2, NOCl, \dots$
4	Tứ diện	$AX_4E_0$	Tứ diện ( $sp^3$ )		$CX_4, BX_4^-, NH_4^+, Al_2Cl_6, BeX_2^{2-}, AlX_4^- \dots$	$SO_4^{2-}, PO_4^{3-}, POCl_3, \dots$
		$AX_3E_1$	Tháp đáy tam giác ( $sp^3$ )		$NH_3, OH_3^-, NX_3, PH_3, PX_3, AsX_3, SbX_3$	$SOBr_2, ClO_3^-, P_4O_6, As_4O_6, \dots$
		$AX_2E_2$	Gấp khúc ( $sp^3$ )		$OF_2, NH_2^-, H_2O, SCl_2, SeCl_2$	$ClO_2^-$
5	Tháp đôi ba phương	$AX_5E_0$	Tháp đôi ba phương ( $sp^3d$ )		$PCl_5, AsF_5, PF_5, PF_3Cl_2, AsCl_5, SbCl_5, NbCl_5, TaCl_5, Sb(CH_3)_3Cl_2, \dots$	$SOF_4, Fe(CO)_5, V_2O_5, \dots$
		$AX_4E_1$	Tứ diện không đều ( $sp^3d$ )		$IF_4^-, TeCl_4, SF_4, SeF_4$	$IOF_3, XeF_2O_2, \dots$
		$AX_3E_2$	Dạng chữ T ( $sp^3d$ )		$ClF_3, BrF_3, ICl_2(C_6H_5), \dots$	
		$AX_2E_3$	Thẳng ( $sp^3d$ )		$ICl_2^-, XeF_2, I_3^-$	

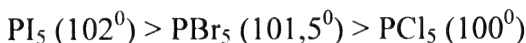
6	Bát diện	$AX_6E_0$	Bát diện ( $sp^3d^2$ )		$SF_6$ , $PCl_6^-$ , $SbF_6^-$ , $Te(OH)_6$ , $PbCl_6^{2-}$ , $SiF_6^{2-}$ , $AlF_6^{3-}$ , $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ , $CoF_6^{3-}$ , $[Co(NH_3)_6]^{3+}$ , ...	$IF_5O$ , $[IO_2(OH)_4]^-$ , ...
		$AX_5E_1$	Tháp đáy vuông ( $sp^3d^2$ )		$BrF_5$ , $SbCl_5$ , $IF_5$ , $ClF_5$ , $SbF_5^{2-}$ , ...	$XeF_4O$
		$AX_4E_2$	Vuông phẳng ( $sp^3d^2$ )		$ICl_4^-$ , $XeF_4$ , $BrF_4^-$ , $I_2Cl_6$ , ..	

Để giải thích đầy đủ, căn cứ góc hoá trị của các nguyên tử tạo liên kết và cấu trúc hình học của phân tử, năm 1954 Gillespie đã đề ra giả thuyết về sự đẩy của cặp electron hoá trị. Giả thuyết được tóm tắt trong mấy quy tắc sau:

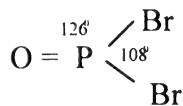
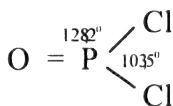
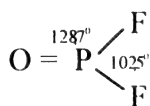
1) Cặp electron tự do đẩy cặp e lân cận mạnh hơn cặp electron liên kết



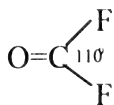
2) Sự gây bởi cặp electron liên kết sẽ giảm đi khi độ âm điện của nguyên tử được tăng lên.



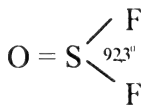
3) Liên kết bội không ảnh hưởng đến cấu trúc hình học của phân tử, song làm thay đổi độ dài và góc liên kết trong phân tử.



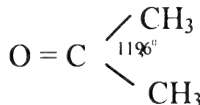
4) Sự đẩy giữa các cặp electron của mức đã lấp đầy lớn hơn lực đẩy của các cặp electron ở mức chưa lấp đầy



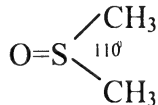
và



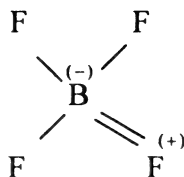
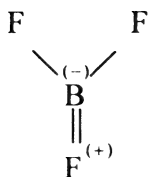
;



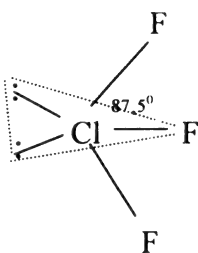
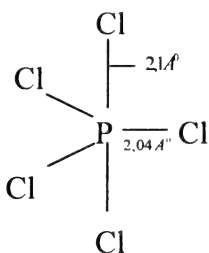
và



5) Nếu một nguyên tử ở lớp hoá trị được lấp đầy, trong đó có một hoặc một số cặp electron tự do liên kết với một số nguyên tử khác có lớp hoá trị chưa lấp đầy của nguyên tử thứ nhất có khuynh hướng chuyển dời electron về phía nguyên tử chưa lấp đầy để tạo liên kết bội.



6) Nếu các cặp electron ở lớp hoá trị mà lớp đó có chứa 5 hoặc 6 cặp electron, chúng không thể có số lần bang gần nhất như nhau thì cặp electron nào có số lần bang gần nhất lớn hơn sẽ được phân bố cách xa nhân hơn



## VIII. SƠ LƯỢC VỀ THUYẾT OBITAN PHÂN TỬ (MO)

Phương pháp cặp electron liên kết giải thích đơn giản và dễ hiểu sự tạo thành liên kết trong nhiều phân tử. Tuy nhiên có nhiều sự kiện như sự tạo thành ion  $H_2^+$ , trong đó liên kết được tạo thành chỉ bằng 1 electron, như từ tính (phân tử hoặc ion chứa electron độc thân có tính chất thuận từ. Còn nếu tất cả các electron đều ghép cặp thì có tính chất nghịch từ) của phân tử  $B_2$ ,  $O_2$ ,... thì không giải thích được bằng phương pháp này. Một phương pháp khác ra đời giải quyết có hiệu quả hơn, đó là phương pháp obitan phân tử (MO).

### 1. Nội dung của thuyết MO

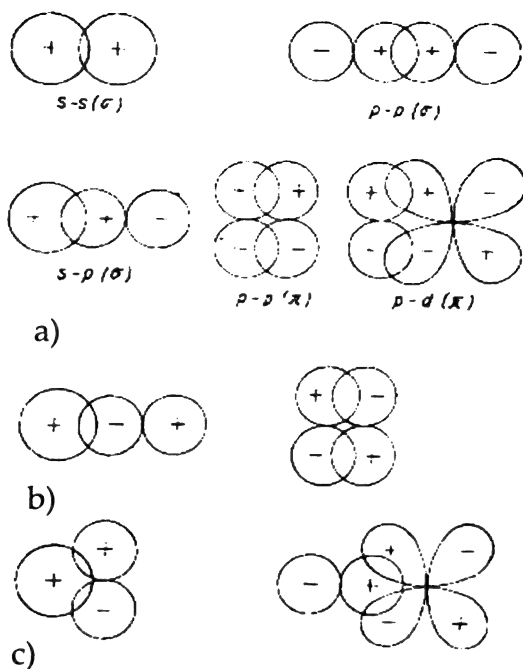
Tổng MO thu được bằng tổng số các AO tham gia tổ hợp, các AO được sắp xếp theo thứ tự mức năng lượng tăng dần thành 1 giản đồ. Mỗi AO gồm các loại MO năng lượng thấp được gọi là MO liên kết, các MO có năng lượng cao hơn được gọi là MO phản liên kết, các MO phản liên kết được kí hiệu bằng dấu \* đặt phía bên phải kí hiệu MO.

2. Các AO được sử dụng trong việc thành lập các MO, thoả mãn các điều kiện sau:

- Các AO phải có cùng tính chất đối xứng.
- Các AO phải có năng lượng xấp xỉ nhau.
- Các AO phải xen phủ nhau rõ rệt.

Về mặt định tính để xét xem các AO có cùng tính chất đối xứng hay không, có thể dựa vào sự xen phủ dương, âm hặc bằng không của các AO:

- Sự xen phủ dương nếu miền xen phủ của hai AO đều cùng dấu (hình a)
- Sự xen phủ âm nếu miền xen phủ của hai AO khác dấu (hình b)
- Sự xen phủ bằng không khi các miền xen phủ dương và âm hoàn toàn bằng nhau (hình c)



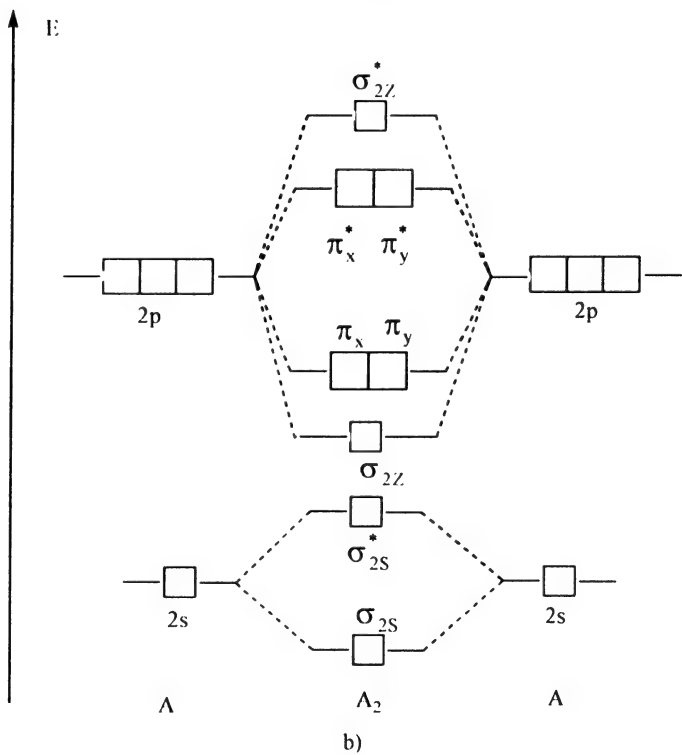
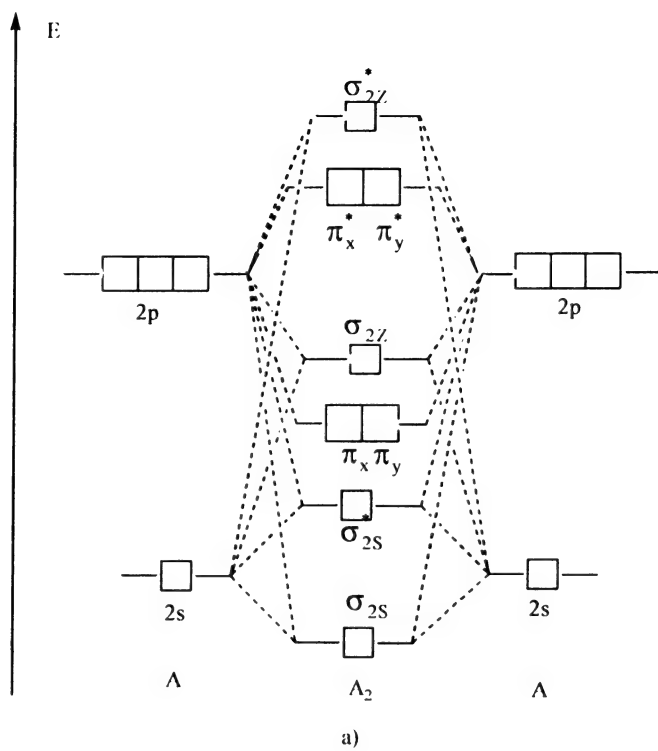
Chỉ sự xen phủ dương mới tạo ra được liên kết và trong trường hợp này các AO mới có cùng tính chất đối xứng, nghĩa là chúng mới tổ hợp được với nhau, nhưng việc tổ hợp có hiệu quả không còn phụ thuộc vào hai điều kiện nói trên.

### 3. Giải đồ năng lượng các MO và cấu hình electron

#### a) Phân tử hai nguyên tử đồng nhân ( $A_2$ ) thuộc chu kì 2

Lớp electron hoá trị của các nguyên tố chu kì 2 gồm các AO 2s và 2p. Theo đối xứng trục các AO 2s và 2p<sub>z</sub> tổ hợp với nhau tạo MO liên kết  $\sigma_s$ ,  $\sigma_z$  và MO phản liên kết  $\sigma_s^*$ ,  $\sigma_z^*$ , các AO 2p<sub>x</sub> và 2p<sub>y</sub> tổ hợp với nhau tạo ra MO liên kết  $\pi_x$ ,  $\pi_y$  và MO phản liên kết  $\pi_x^*$ ,  $\pi_y^*$ .

- Trong chu kì 2 đi từ Li đến N sự chênh lệch giữa AO<sub>2s</sub> và AO<sub>2p</sub> tương đối nhỏ nên khi tổ hợp các AO có sự trộn lẫn AO<sub>2s</sub> và AO<sub>2p</sub>; có nghĩa là AO<sub>2p<sub>z</sub></sub> có thể tham gia 1 phần vào AO<sub>2s</sub> để tổ hợp thành 2 $\sigma_s$ , làm cho AO này trở nên bền hơn, năng lượng thấp hơn. Đồng thời AO<sub>2s</sub> cũng có thể tham gia một phần vào AO<sub>2p<sub>z</sub></sub> để tổ hợp thành 2 $\sigma_z$ , làm cho năng lượng của AO này bị nâng cao hơn MO  $\pi_x$ ,  $\pi_y$  (giản đồ a). Từ O đến Ne thì năng lượng các obitan 2s và 2p khác nhau nhiều nên obitan phân tử 2 $\sigma_s$  và 2 $\sigma_s^*$  được hình thành chỉ nhờ sự tổ hợp của hai AO<sub>2s</sub> và sự tổ hợp hai AO<sub>2p<sub>z</sub></sub> dẫn đến sự thành thành hai obitan phân tử  $\sigma_z$  và  $\sigma_z^*$  (giản đồ b).



Giản đồ năng lượng các MO

$$\text{- Số liên kết } N = \frac{\Sigma e_{lk} - \Sigma e_{plk}}{2}$$

**Li<sub>2</sub>.** Nguyên tử liti có một electron hoá trị 2s. Trong phân tử Li<sub>2</sub> hai electron hoá trị của hai nguyên tử chiếm cứ obitan  $\sigma_{2s}$ . Ở trạng thái cơ bản, Li<sub>2</sub> như vậy có cấu hình electron  $(\sigma_{2s})^2$ .

Phù hợp với lý thuyết, thực nghiệm cho thấy Li<sub>2</sub> không có electron độc thân. Với hai electron trên obitan liên kết, số liên kết ở đây là 1.

**Be<sub>2</sub>.** Nguyên tử Be có hai electron hoá trị trên obitan 2s. Do đó cấu hình electron của Be<sub>2</sub> là  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2$ , ứng với số liên kết  $N = \frac{2-2}{2} = 0$ . Điều đó phù hợp với thực tế. Phân tử Be<sub>2</sub> không tồn tại.

**B<sub>2</sub>.** Nguyên tử B có 3 electron hoá trị:  $2s^2 2p^1 \Rightarrow$  Cấu hình electron của phân tử B<sub>2</sub> là  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_x^1 = \pi_y^1)$ , ứng với một liên kết  $N = \frac{4-2}{2} = 1$ . Phù hợp với lý thuyết, thực nghiệm cho thấy B<sub>2</sub> có hai electron chưa ghép đôi.

**C<sub>2</sub>.** Mỗi nguyên tử cacbon có 4 electron hoá trị:  $2s^2 2p^2 \Rightarrow$  Cấu hình electron của C<sub>2</sub> là  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_x^2 = \pi_y^2)$ , ứng với số liên kết  $N = \frac{6-2}{2} = 2$ .

**N<sub>2</sub>.** Mỗi nguyên tử nitơ có 5 electron hoá trị:  $2s^2 2p^3 \Rightarrow$  Cấu hình electron của N<sub>2</sub> là  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_x^2 = \pi_y^2)(\sigma_{2z})^2$ , ứng với số liên kết  $N = \frac{8-2}{2} = 3$  (một liên kết  $\sigma$  và hai liên kết  $\pi$ ).

**O<sub>2</sub>.** Mỗi nguyên tử oxi có 6 electron hoá trị:  $2s^2 2p^4 \Rightarrow$  Cấu hình electron của O<sub>2</sub> là  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2z})^2(\pi_x^2 = \pi_y^2)(\pi_x^{*1} = \pi_y^{*1})$ , ứng với số liên kết  $N = \frac{8-4}{2} = 2$  (một liên kết  $\sigma$  và một liên kết  $\pi$ ). Ứng với cấu hình electron trên, O<sub>2</sub> có hai electron độc thân với tổng số spin  $S = 1/2 + 1/2 = 1$ . Điều này giải thích được tính thuận từ của oxi. Sự giải thích tính thuận từ của oxi là một thành công của thuyết MO, vì với mô hình Lewis người ta không giải thích được tại sao O<sub>2</sub> lại có hai electron độc thân.

**F<sub>2</sub>.** Mỗi nguyên tử flo có 7 electron hoá trị:  $2s^2 2p^5 \Rightarrow$  Cấu hình electron của F<sub>2</sub> là  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2z})^2(\pi_x^2 = \pi_y^2)(\pi_x^{*2} = \pi_y^{*2})$ , ứng với số liên kết  $N = \frac{8-6}{2} = 1$  (một liên kết).

**Ne<sub>2</sub>.** Mỗi nguyên tử Ne có 8 electron hoá trị:  $2s^2 2p^6 \Rightarrow$  Cấu hình electron của Ne<sub>2</sub> là  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\sigma_{2z})^2(\pi_x^2 = \pi_y^2)(\pi_x^{*2} = \pi_y^{*2})(\sigma_{2z}^*)^2$ , ứng với số liên kết  $\frac{8-8}{2} = 0$ . Trên thực tế, phân tử Ne<sub>2</sub> không tồn tại.

### Một số phân tử $A_2$ khác:

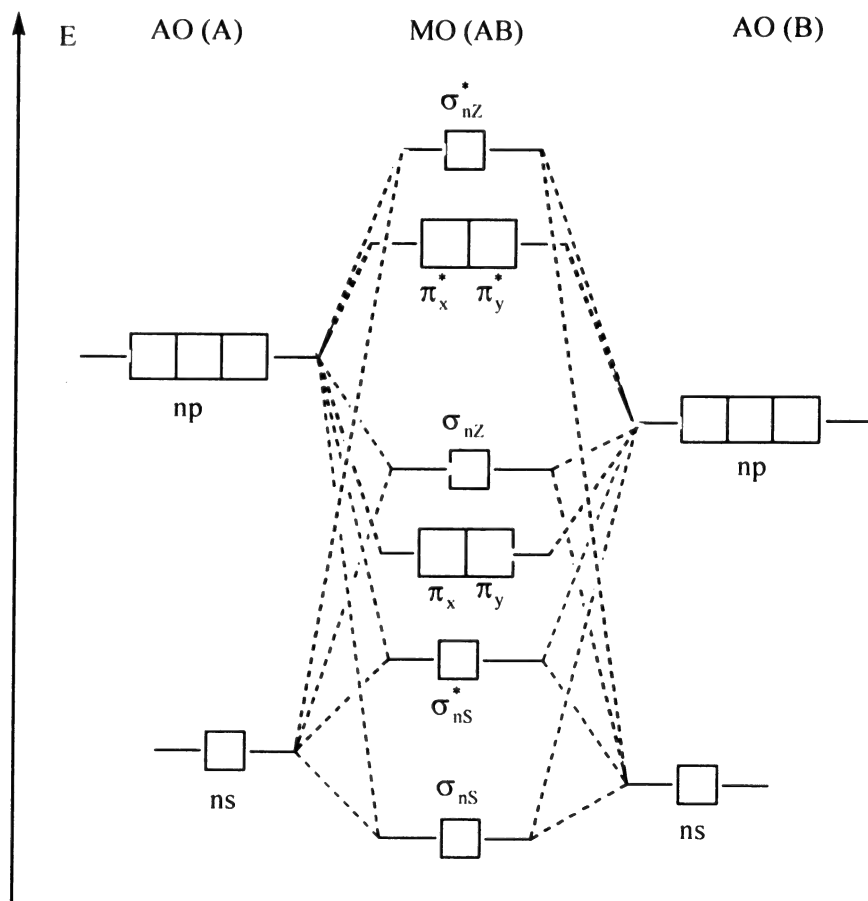
$Na_2$ ,  $K_2$ ,  $Rb_2$ ,  $Cs_2$ . Ở trạng thái cơ bản, các nguyên tử Na, K, Rb, Cs đều có một electron hoá trị:  $ns^1$ . Vì vậy, ở trạng thái cơ bản tất cả các phân tử trên đều có cấu hình electron:  $(\sigma_{ns})^2$ , ứng với một liên kết  $\sigma$ .

$Cl_2$ ,  $Br_2$ ,  $I_2$ . Tương tự như F. Ở trạng thái cơ bản, các nguyên tử Cl, Br, I đều có bảy electron hoá trị:  $ns^2np^5$ . Vì vậy, giống như phân tử  $F_2$ , ở trạng thái cơ bản tất cả các phân tử trên đều có cấu hình electron:

$$(\sigma_{ns})^2(\sigma_{ns}^*)^2(\sigma_{2z})^2(\pi_x^2 = \pi_y^2)(\pi_x^{*2} = \pi_y^{*2}) \text{ ứng với một liên kết } \sigma.$$

### b) Phân tử hai nguyên tử khác nhau AB

Ta xét trường hợp A và B đều có những obitan hoá trị s và p và với giả thiết là B âm điện hơn A. Giảm đồ các năng lượng MO được ghi trong hình dưới đây. Vì các obitan s và p của B bền vững hơn (do B có độ âm điện lớn hơn A) các obitan s và p của A nên chúng được đặt thấp hơn.



Giảm đồ các mức năng lượng MO đối với phân tử AB



Các obitan liên kết và phản liên kết  $\sigma$  và  $\pi$  của AB cũng được thành lập giống như trường hợp phân tử  $A_2$ . Trên cơ sở của giản đồ năng lượng trên, dưới đây ta xét một số phân tử cụ thể loại AB.

**BN.** Hai nguyên tử B và N có 8 electron hoá trị. Ở trạng thái cơ bản, các điện tử này được phân bố trên các MO ứng với cấu hình:  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{x,y})^3(\sigma_{2z})^1$ .

**BO, CN, CO<sup>+</sup>.** Các phân tử trên đều có 9 electron hoá trị. Ở trạng thái cơ bản chúng đều có cấu hình electron:  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{x,y})^4(\sigma_{2z})^1$ .

**CO, NO<sup>+</sup>, CN<sup>-</sup>.** Với 10 electron hoá trị, các phân tử trên có số electron giống phân tử  $N_2$ . Ở trạng thái cơ bản chúng đều có cấu hình electron:  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{x,y})^3(\sigma_{2z})^2$ .

**NO.** Với 11 electron hoá trị, ở trạng thái cơ bản phân tử NO có cấu hình electron:  $(\sigma_{2s})^2(\sigma_{2s}^*)^2(\pi_{x,y})^3(\sigma_{2z})^2(\pi_{x,y}^*)^1$ .

**Ví dụ 1:** Cho các cặp phân tử sau:  $(N_2, N_2^+)$ ;  $(NO, NO^+)$

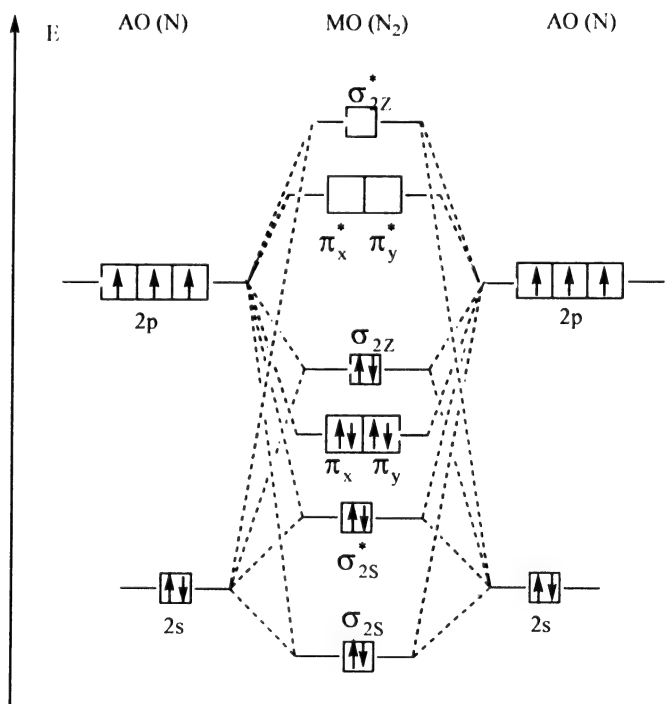
a) Áp dụng phương pháp MO, hãy lập giản đồ MO cho từng cặp và viết cấu hình electron của chúng.

b) So sánh độ bền liên kết trong từng cặp phân tử nêu trên thông qua các giá trị số liên kết đã tính được.

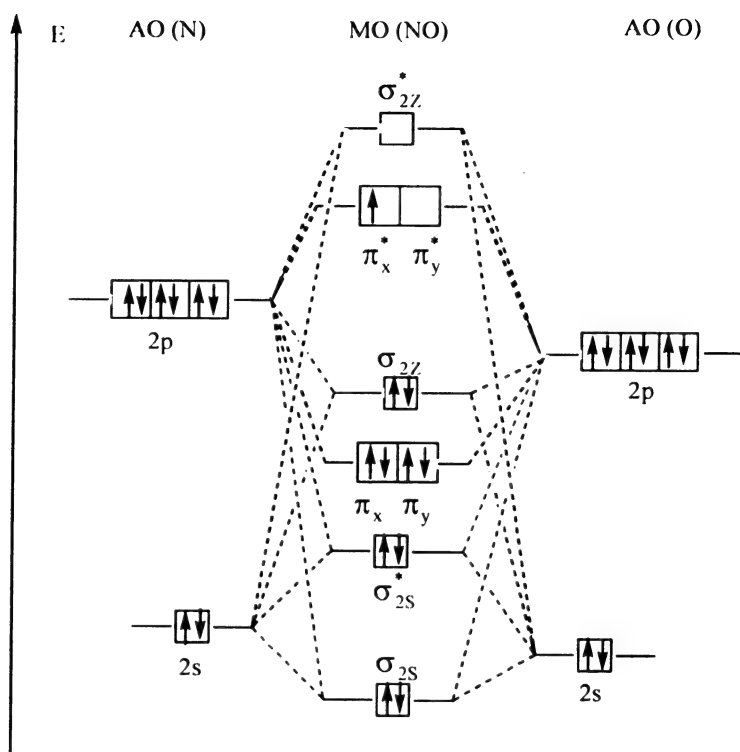
***Giải***

Cấu hình e:  $N(Z = 7): 1s^2 2s^2 2p^3$  ;  $O(Z = 8): 1s^2 2s^2 2p^4$

Giản đồ MO:



Giản đồ các mức năng lượng MO đối với phân tử  $N_2$



Giản đồ các mức năng lượng MO đối với phân tử NO

Từ giản đồ vừa xây dựng được cho 2 phân tử  $N_2$  và NO ta có thể viết được cấu hình e cho các cặp phân tử như sau:

$$\text{Cặp } (N_2, N_2^+): N_2: (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 \pi_x^2 = \pi_y^2 (\sigma_{2z})^2 \text{ với } N = \frac{8-2}{2} = 3$$

$$N_2^+: (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 \pi_x^2 = \pi_y^2 (\sigma_{2z})^1 \text{ với } N = \frac{7-2}{2} = 2,5$$

$$\text{Cặp } (NO \text{ và } NO^+): NO: (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 \pi_x^2 = \pi_y^2 (\sigma_{2z})^2 (\pi_x^*)^1 \text{ với } N = \frac{8-3}{2} = 2,5$$

$$NO^+: (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 \pi_x^2 = \pi_y^2 (\sigma_{2z})^2 \text{ với } N = \frac{8-2}{2} = 3$$

b) Căn cứ vào số liên kết thu được ở câu a) ta có thể so sánh độ bền liên kết theo nguyên tắc số liên kết N càng lớn thì độ dài liên kết càng ngắn, nghĩa là độ bền càng lớn. Theo kết quả tính ta xét cho các cặp sau:

- Cặp ( $N_2$  và  $N_2^+$ ): thì liên kết trong phân tử  $N_2$  bền hơn liên kết trong  $N_2^+$  và  $N_{N_2} > N_{N_2^+}$

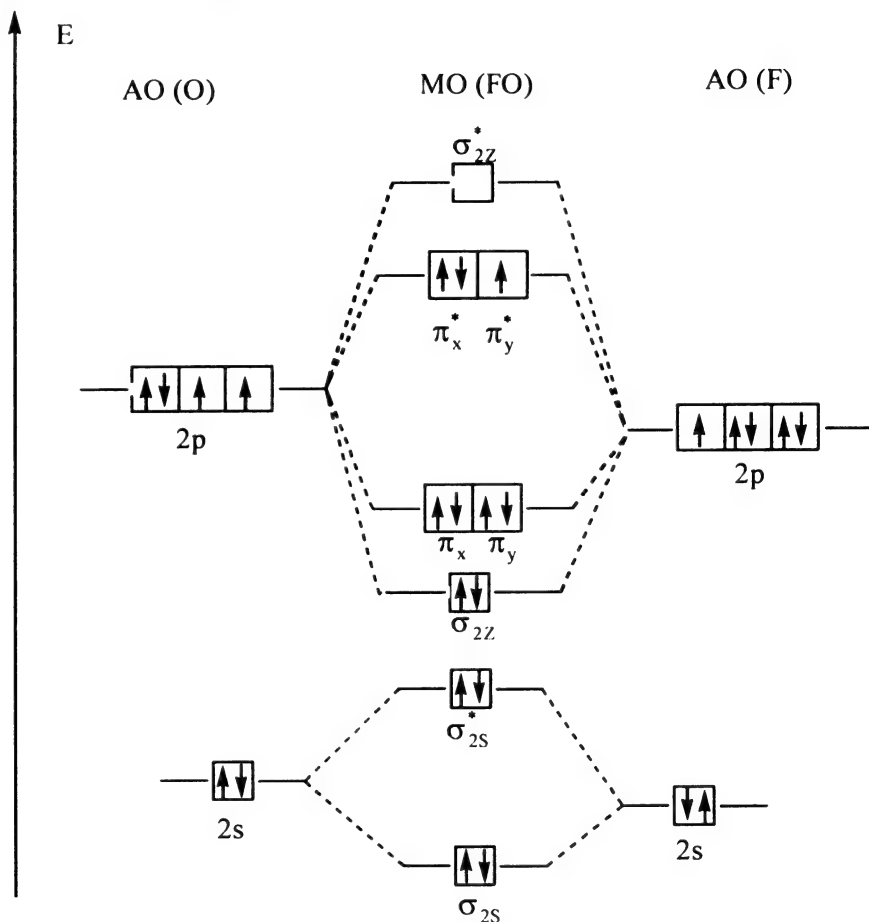
- Cặp ( $NO$  và  $NO^+$ ): thì liên kết trong phân tử  $NO^+$  bền hơn trong NO vì  $N_{NO^+} > N_{NO}$

**Ví dụ 2:** a) Xuất phát từ cấu hình e của F và O, hãy lập giản đồ MO cho phân tử FO.

b) Từ giản đồ đã lập được ở câu a) hãy viết cấu hình e của  $\text{FO}^-$  và  $\text{FO}^+$ , chỉ rõ từ tính của từng phân tử và so sánh khoảng cách giữa các nguyên tử của những hợp chất trên.

### Giải

a) Cấu hình e:  $\text{O}(Z=8): 1s^2 2s^2 2p^4$ ;  $\text{F}(Z=9): 1s^2 2s^2 2p^5$



Giản đồ các mức năng lượng MO đối với phân tử FO

b) Từ giản đồ đã viết được ở câu a) ta có thể viết được cấu hình e như sau:

$$\text{FO}: (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 (\sigma_{2z})^2 \pi_x^2 = \pi_y^2 \pi_x^{*2} = \pi_y^{*1} \text{ với } N = \frac{6-3}{2} = 1,5. \text{ Thuận từ}$$

$$\text{FO}^-: (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 (\sigma_{2z})^2 \pi_x^2 = \pi_y^2 \pi_x^{*2} = \pi_y^{*2} \text{ với } N = \frac{6-4}{2} = 1,0. \text{ Nghịch từ}$$

$$\text{FO}^+: (\sigma_{2s})^2 (\sigma_{2s}^*)^2 (\sigma_{2z})^2 \pi_x^2 = \pi_y^2 \pi_x^{*1} = \pi_y^{*1} \text{ với } N = \frac{6-2}{2} = 2,0. \text{ Nghịch từ}$$

Dựa vào kết quả tính N ta suy ra độ bền liên kết giảm theo thứ tự tăng dần độ dài liên kết như sau:

$$I_{FO^-} > I_{FO} > I_{FO^+}$$

## IX. TƯƠNG TÁC GIỮA CÁC PHÂN TỬ

### 1. Phân tử phân cực và không phân cực.

#### a) Phân tử không phân cực

Là phân tử trong đó các điện tích dương và điện tích âm của hạt nhân được phân bố hoàn toàn đối xứng nhau để cho trọng tâm điện tích dương và trọng tâm điện tích âm hoàn toàn trùng nhau. Thí dụ: Phân tử  $H_2$ ,  $N_2$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ , ...

#### b) Phân tử phân cực

Là phân tử mà trọng tâm các điện tích dương và âm không trùng nhau. Ta có thể nhận biết được trường hợp này khi phân tử có cấu tạo không đối xứng. Thí dụ:  $NH_3$ ,  $HF$ ,  $H_2O$ ,  $H_2S$ , ...

### 2. Momen lưỡng cực của phân tử ( $\mu$ )

Phân tử phân cực có  $\mu$  được tính bằng công thức:  $\mu = ql$

q - giá trị của trọng tâm điện tích dương (hoặc âm) (C)

l - độ dài độ dài lưỡng cực (m)

$\mu$  - momen lưỡng cực (Cm)

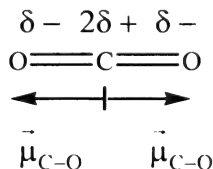
Đơn vị của momen lưỡng cực thường được dùng hơn là Debye (D)

$$1D = \frac{10^{-29}}{3} C.m = 3,33.10^{-30} C.m$$

Momen lưỡng cực của phân tử càng lớn thì độ phân cực của nó càng mạnh.

Theo công thức trên thì phân tử không phân cực có  $\mu = 0$  (vì  $l = 0$ ).

Momen lưỡng cực có thể xác định bằng phương pháp thực nghiệm hoặc tính toán được khi biết momen lưỡng cực của liên kết. Momen lưỡng cực là một đại lượng có hướng, nghĩa là coi momen lưỡng cực của mỗi liên kết là một vectơ. Nếu hai véc tơ có giá trị bằng nhau nhưng ngược chiều nhau thì chúng triệt tiêu nhau. Người ta quy ước chiều của véc tơ lưỡng cực hướng từ dương sang âm. Thí dụ: Phân tử  $CO_2$  có cấu trúc thẳng:



Momen lưỡng cực  $\mu_{C-O}$  của liên kết C-O hướng từ C sang O, hai  $\mu_{C-O}$  này bằng nhau và ngược chiều nhau nên momen lưỡng cực tổng cộng của phân tử bằng không.

**Ví dụ 1:** Biết rằng monoclobenzen có momen lưỡng cực  $\mu_1 = 1,53D$ . Hãy tính momen lưỡng cực  $\mu_O$ ,  $\mu_m$ ,  $\mu_p$  của ortho-, meta-, para- diclobenzen. Một trong ba đồng phân này có  $\mu = 1,53D$ . Hỏi đó là dạng nào của diclobenzen ?

### ***Giải***

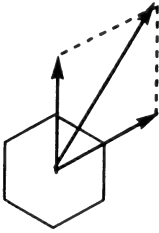
Clo có độ âm điện lớn:  $\mu_1$  hướng từ trong ra ngoài  
(cộng vector sử dụng hệ thức:  $a^2 = b^2 + c^2 - 2bc \cdot \cos A$ )

$$\mu_o = \sqrt{2\mu_1^2 + 2\mu_2^2 \cos 60^\circ} = \mu \sqrt{3}$$

$$\mu_m = \sqrt{2\mu_1^2 + 2\mu_2^2 \cos 120^\circ} = \mu_1.$$

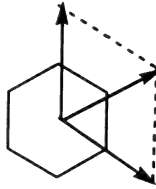
$$\mu_p = \mu_1 - \mu_1 = 0$$

Dẫn xuất meta – diclobenzen có  $\mu = 1,53D$



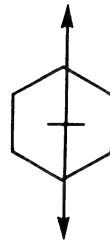
ortho

$$\mu = \mu \sqrt{3}$$



meta

$$\mu = \mu_1$$



para

$$\mu = 0$$

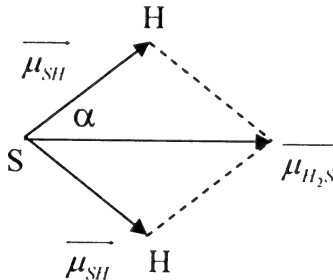
**Ví dụ 2:** Bằng thực nghiệm người ta đã xác định được giá trị momen lưỡng cực của phân tử  $H_2S$  là  $1,09D$  và của liên kết  $S - H$  là  $2,61 \cdot 10^{-30} C.m$ . Hãy xác định:

a) Góc liên kết  $\widehat{HSH}$

b) Độ ion của liên kết  $S - H$ , biết rằng độ dài liên kết  $S - H$  là  $1,33 \text{ \AA}$ . Cho  $1 D = 3,33 \cdot 10^{-30} C.m$ . Giả sử  $\mu$  của cặp electron không chia của S là không đáng kể.

### ***Giải***

a) Phân tử  $H_2S$  có cấu trúc góc nên:



$$\overrightarrow{\mu_{H_2S}}^2 = \overrightarrow{\mu_{SH}}^2 + \overrightarrow{\mu_{SH}}^2 + 2 \overrightarrow{\mu_{SH}} \cdot \overrightarrow{\mu_{SH}} \cos \alpha = 2 \overrightarrow{\mu_{SH}}^2 (1 + \cos \alpha)$$

$$= 4 \overrightarrow{\mu_{SH}}^2 \cdot \cos^2 \frac{\alpha}{2} \rightarrow \overrightarrow{\mu_{H_2S}} = 2 \overrightarrow{\mu_{SH}} \cos \frac{\alpha}{2}.$$

$$\text{Suy ra: } \cos \frac{\alpha}{2} = \frac{\overline{\mu_{H_2S}}}{2\overline{\mu_{SH}}} = \frac{1,09.3,33.10^{-30}}{2,61.10^{-30}} = 1,39 \Rightarrow \alpha = 92^\circ.$$

$$\text{b) Độ ion của liên kết S - H} = \frac{\overline{\mu_{I/n}}}{\overline{\mu_{I/I}}} = \frac{2,61.10^{-30}}{1,33.10^{-30} \cdot 1,6.10^{-19}} \cdot 100 = 12,3\%$$

### 3. Lực Van der Waals

Đó là lực giữa các phân tử. Nó có bản chất tĩnh điện. Lực này càng lớn khi momen lưỡng cực của phân tử, kích thước và khối lượng của phân tử càng lớn. Lực Van der Waals bé so với liên kết cộng hoá trị và ion, nên nó có ảnh hưởng chủ yếu đến tính chất lí học của các chất. Thí dụ: theo dãy  $F_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2$  kích thước và khối lượng phân tử tăng, nên lực Van der Waals tăng, do đó nhiệt độ nóng chảy của các chất này tăng dần.

### 4. Liên kết hiđro

Nguyên tử H khi liên kết với một nguyên tử có độ âm điện lớn như F, O và N thì cặp electron dùng chung bị lệch về phía nguyên tử có độ âm điện lớn, nên H mang điện tích dương. H mang điện tích dương này hầu như chỉ còn trơ có hạt nhân nên dễ bị các nguyên tử khác cũng có độ âm điện lớn trong phân tử khác hay ngay trong phân tử đó hút bằng lực hút tĩnh điện tạo thành liên kết phụ gọi là liên kết hiđro. Thí dụ:  $H^{+\delta} - F^{-\delta} \dots H^{+\delta} \dots F^{-\delta}$

- Năng lượng liên kết hiđro càng lớn khi độ âm điện của nguyên tử liên kết với nó càng lớn.

- Năng lượng liên kết hiđro nhỏ hơn so với năng lượng ion và cộng hoá trị nên liên kết hiđro ảnh hưởng chủ yếu đến tính chất lí học của các chất như làm tăng nhiệt độ nóng chảy và sôi, tăng khả năng hoà tan lẫn giữa các chất. Thí dụ: theo dãy:  $H_2O - H_2S - H_2Se - H_2Te$  thì kích thước phân tử tăng, khối lượng phân tử tăng, lực Van der Waals tăng, nên đáng lẽ nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi của chúng tăng theo chiều từ phải qua trái, nhưng vì giữa các phân tử  $H_2O$  tồn tại liên kết hiđro nên nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ sôi của  $H_2O$  cao hơn  $H_2S$ .

## B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP

### DẠNG 1: VIẾT CÔNG THỨC ELECTRON VÀ CÔNG THỨC CẤU TẠO CỦA PHÂN TỬ

*Phương pháp:*

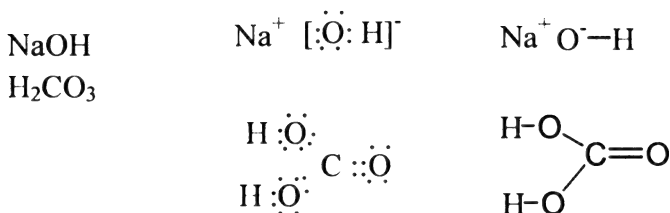
- Nếu là hợp chất có hai nguyên tố hãy tính hiệu số hiệu độ âm điện để xét xem hợp chất đó có liên kết ion hay liên kết cộng hóa trị. Hiệu độ âm điện  $\Delta\chi > 1,7$  thì hợp chất có liên kết ion. Thí dụ:  $MgCl_2$   $\Delta\chi = 1,8$  hợp chất này có liên kết ion, biểu diễn bằng công thức cấu tạo:  $Mg^{2+}2Cl^{-}$

- Nếu liên kết cộng hóa trị biểu diễn đôi điện tử dùng chung bằng một gạch nối giữa hai nguyên tử (chú ý nếu nguyên tử nào mà sau khi dùng chung điện tử có

quá 8 e thì phải biểu diễn bằng liên kết cho - nhận, trừ một số trường hợp ngoại lệ như  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_2$ , ...). Ví dụ:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{Cl}_2\text{O}_7$ , ...

• Hợp chất hidroxit: các hidroxit dù là axit hay bazơ thì trong phân tử đều có nhóm OH, có bao nhiêu nguyên tử H thì có bấy nhiêu nhóm OH (trừ  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ). Trong bazơ OH dính vào nguyên tử kim loại còn trong axit OH dính vào phi kim.

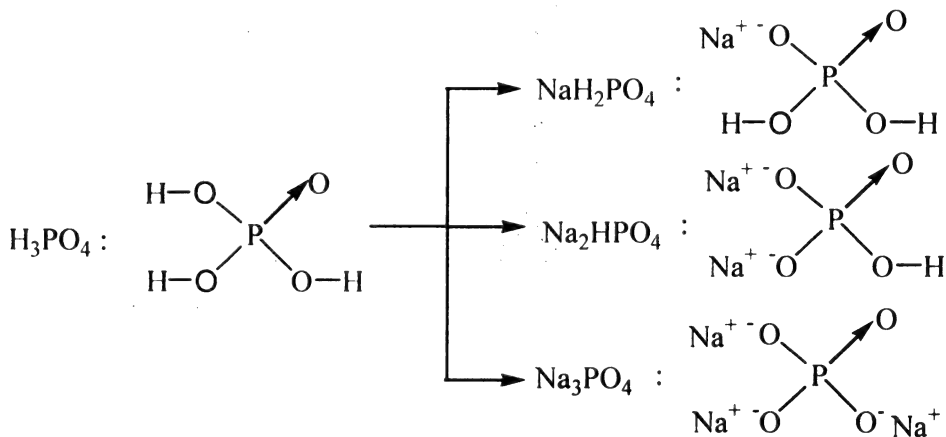
Ví dụ:



*Công thức electron*

*Công thức cấu tạo*

• Hợp chất muối: muối là hợp chất phân tử gồm cation kim loại (hoặc anion amoni  $\text{NH}_4^+$ ) liên kết với anion gốc axit. Gốc axit là phần còn lại của phân tử axit sau khi đã loại bỏ 1 hay toàn bộ số nguyên tử H của phân tử axit. Vậy để viết công thức cấu tạo của muối trước hết hãy viết công thức cấu tạo của axit, rồi bỏ nguyên tử H thay thế bằng nguyên tử kim loại. Chú ý kim loại hóa trị 1 thay cho 1 nguyên tử H. Nếu kim loại hóa trị 2 hoặc 3 thì thay cho 2 hoặc 3 nguyên tử H. Ví dụ:



**Ví dụ 1:** a) Xác định A, B, X, Y biết: Hai nguyên tố A, B đứng kế tiếp nhau trong một chu kì của bảng tuần hoàn, có tổng số điện tích hạt nhân là 17 hạt. Hai nguyên tố X, Y ở hai chu kì liên tiếp nhau trong một nhóm A có tổng điện tích hạt nhân là  $+2,24 \cdot 10^{-18}$  Culong.

b) Mô tả sự hình thành liên kết giữa B và Y.

**Giải**

a)

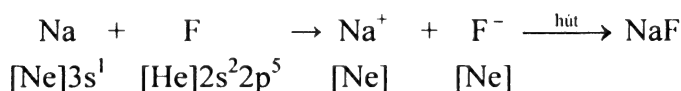
• Xác định A, B: 
$$\begin{cases} Z_A + Z_B = 17 \\ Z_B - Z_A = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_A = 8 (\text{O}) \\ Z_B = 9 (\text{F}) \end{cases}$$

• Xác định X, Y:  $Z_X + Z_Y = \frac{2,24 \cdot 10^{-18}}{1,6 \cdot 10^{-19}} = 14 \Rightarrow \bar{Z} = \frac{14}{2} = 7$  (1)

$\Rightarrow Z_X < \bar{Z} < Z_Y \rightarrow X, Y$  thuộc chu kì nhỏ  $\Rightarrow$  cách nhau 8 ô  $\Rightarrow Z_Y - Z_X = 8$  (2)

(1) (2)  $\Rightarrow Z_X = 3$  (Li) và  $Z_Y = 11$  (Na)

b) Mô tả sự hình thành liên kết giữa B (F) và Y (Na).



Liên kết giữa  $\text{Na}^+$  và  $\text{F}^-$  là liên kết ion.

**Ví dụ 2:** Tổng số hạt mang điện trong phân tử  $\text{X}_2\text{Y}_3$  bằng 152. Số hạt mang điện trong hạt nhân nguyên tử X nhiều hơn số hạt mang điện trong hạt nhân nguyên tử Y là 36.

a) Xác định hai nguyên tố X, Y và vị trí của chúng trong bảng tuần hoàn.

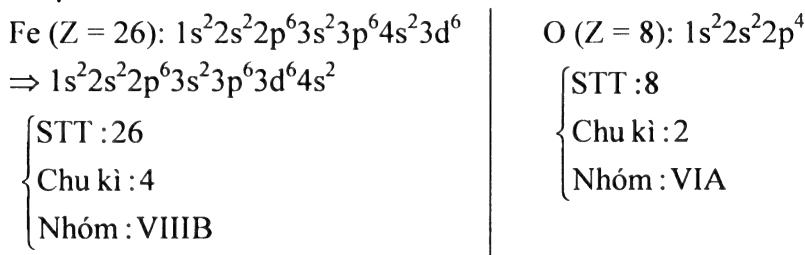
b) Viết cấu hình electron của các ion:  $\text{X}^{2+}$ ,  $\text{X}^{3+}$ ,  $\text{Y}^{2-}$ .

c) Viết công thức electron và công thức cấu tạo của phân tử  $\text{X}_2\text{Y}_3$

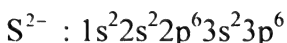
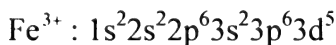
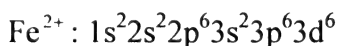
***Giải***

a) Ta có hệ: 
$$\begin{cases} 4Z_X + 6Z_Y = 152 \\ 2Z_X - 2Z_Y = 36 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} Z_X = 26 \\ Z_Y = 8 \end{cases} \Rightarrow \text{X là Fe và Y là O}$$

• Vị trí:



b) Cấu hình electron:



c) Công thức electron và công thức cấu tạo của phân tử  $\text{Fe}_2\text{O}_3$



*Công thức electron*

*Công thức cấu tạo*



**Ví dụ 3:** Electron có mức năng lượng cao nhất của nguyên tử nguyên tố A được xếp vào phân lớp để có cấu hình là  $4s^1$ . Oxit cao nhất của nguyên tố B ứng với công thức  $B_2O_7$ , hợp chất khí với hidro của nó có chứa 1,2345% H về khối lượng.

a) Xác định vị trí của A và B trong bảng tuần hoàn và cho biết tính chất hóa học cơ bản của chúng.

b) Giải thích sự hình thành liên kết giữa A và B.

### Giải

a) • Cấu hình electron đầy đủ của A:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 \rightarrow Z_A = \sum e = 19$

• Vị trí của A:  $\begin{cases} \text{STT : 19} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : IA} \end{cases}$

• Tính chất hóa học cơ bản của K:

- K là kim loại điển hình

- Hóa trị cao nhất với oxi là 1, công thức oxit cao nhất là  $K_2O$  và hidroxit tương ứng là KOH

-  $K_2O$  là oxit bazơ và KOH là bazơ mạnh (bazơ kiềm)

• Công thức hợp chất khí với hidro của B là BH. Ta có:

$$\%H = \frac{1}{M_B + 1} \cdot 100\% = 1,2345 \rightarrow M_B = 80 \rightarrow B \text{ là Br}$$

• Cấu hình electron của Br ( $Z = 35$ ):  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^5$

$\Rightarrow$  Vị trí của Br:  $\begin{cases} \text{STT : 35} \\ \text{Chu kì : 4} \\ \text{Nhóm : VIIA} \end{cases}$

• Tính chất hóa học cơ bản của Br:

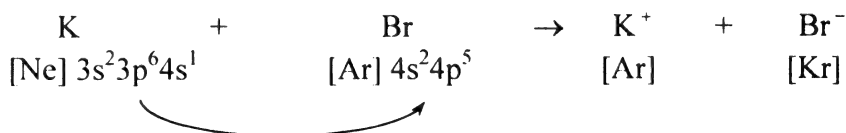
- Br là phi kim điển hình.

- Hóa trị cao nhất với oxi là 7, công thức oxit cao nhất là  $Br_2O_7$  và hidroxit tương ứng là  $HBrO_4$  (hay  $Br(OH)_7 \equiv HBrO_4 \cdot 3H_2O$ )

- Hóa trị với hidro là 1, công thức hợp chất khí với hidro là HBr

-  $Br_2O_7$  là oxit axit và  $HBrO_4$  là axit rất mạnh

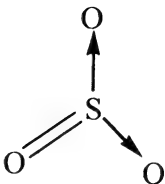
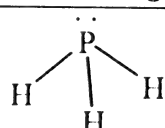
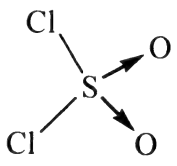
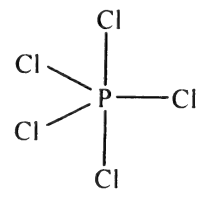
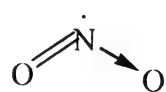
b) Giải thích sự hình thành liên kết:



Các ion  $K^+$  và  $Br^-$  được tạo thành có điện tích trái dấu, hút nhau tạo nên liên kết ion trong phân tử KBr.

**Ví dụ 4:** Hãy viết công thức electron và công thức cấu tạo của các phân tử sau đây:  $\text{SO}_3$ ,  $\text{PH}_3$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{HClO}$ ,  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ,  $\text{POCl}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_5$

***Giải***

Phân tử	Công thức electron	Công thức cấu tạo
$\text{SO}_3$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \quad \times \quad \text{S} \quad \times \quad \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \times \times \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	
$\text{PH}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \text{:}\ddot{\text{P}}\text{:} \quad \text{H} \\ \text{H} \end{array}$	
$\text{C}_2\text{H}_2$	$\text{H} : \text{C} :: \text{C} : \text{H}$	$\text{H} - \text{C} \equiv \text{C} - \text{H}$
$\text{HClO}$	$\text{H} \quad \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \quad \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:}$	$\text{H} - \text{O} - \ddot{\text{Cl}}\text{:}$
$\text{SO}_2\text{Cl}_2$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \quad \times \quad \text{S} \quad \times \quad \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \times \times \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \quad \times \quad \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}$	
$\text{PCl}_5$	$\begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \\ \times \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \quad \times \quad \text{P} \quad \times \quad \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \\ \times \\ \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \quad \times \quad \text{:}\ddot{\text{Cl}}\text{:} \end{array}$	
$\text{NO}_2$	$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \quad \times \quad \text{:}\ddot{\text{N}}\text{:} \quad \times \quad \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	



$\text{Cl}_2\text{O}_7$	$  \begin{array}{ccc}  \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \times \times \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \times \text{Cl} \times \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \times \times \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} & & \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \times \times \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \times \text{Cl} \times \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\ \times \times \\ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O} \quad \text{O} \\  \uparrow \quad \uparrow \\  \text{O} \leftarrow \text{Cl} - \text{O} - \text{Cl} \rightarrow \text{O} \\  \downarrow \quad \downarrow \\  \text{O} \quad \text{O}  \end{array}  $
$\text{CO}_2$	$  \begin{array}{c}  \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \text{ C } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}  \end{array}  $	$  \text{O}=\text{C}=\text{O}  $
$\text{CO}$	$  \begin{array}{c}  \times \times \\  \text{:C} \text{:} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}  \end{array}  $	$  \text{:C} \equiv \text{O}  $
$\text{Fe}_3\text{O}_4$	$  \begin{array}{c}  \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \text{ Fe } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \text{ Fe } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \text{ Fe } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}  \end{array}  $	$  \text{O}=\text{Fe}-\text{O}-\text{Fe}-\text{O}-\text{Fe}=\text{O}  $
$\text{N}_2\text{O}$	$  \begin{array}{c}  \text{:}\ddot{\text{N}}\text{:} \text{ :} \ddot{\text{N}} \times \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\  \times \times  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{N} \equiv \text{N} \rightarrow \text{O}  \end{array}  $

b)

<i>Phân tử</i>	<i>Công thức electron</i>	<i>Công thức cấu tạo</i>
$\text{NaOH}$	$\text{Na}^+ [\text{:}\ddot{\text{O}}\text{: H}]^-$	$\text{Na}^+ \text{:}\ddot{\text{O}}\text{—H}$
$\text{Ba(OH)}_2$	$\text{Ba}^{2+} 2[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{: H}]^-$	$\text{H—O—Ba}^{2+}\text{—O—H}$
$\text{Al(OH)}_3$	$  \begin{array}{c}  \text{:}\ddot{\text{O}}\text{: H} \\  \text{Al } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{: H} \\  \text{:}\ddot{\text{O}}\text{: H}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O—H} \\  \diagup \\  \text{Al—O—H} \\  \diagdown \\  \text{O—H}  \end{array}  $
$\text{H}_2\text{SO}_3$	$  \begin{array}{c}  \text{H } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{: } \text{S} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{: H} \\  \times \times \\  \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H—O—}\ddot{\text{S}}\text{—O—H} \\  \downarrow \\  \text{O}  \end{array}  $
$\text{H}_2\text{CO}_3$	$  \begin{array}{c}  \text{H } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\  \text{H } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \text{ C } \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H—O} \\  \diagup \\  \text{C=O} \\  \diagdown \\  \text{H—O}  \end{array}  $

$\text{H}_2\text{SO}_3$	$\begin{array}{c} \text{H} \ddot{\text{O}}: \\ \text{H} \ddot{\text{O}}: \end{array} \text{S} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \ddot{\text{O}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \\ \text{H}-\text{O} \end{array} \text{S} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \text{O} \end{array}$
$\text{H}_3\text{PO}_4$	$\begin{array}{c} \text{H} \ddot{\text{O}}: \\ \text{H} \ddot{\text{O}}: \\ \text{H} \ddot{\text{O}}: \end{array} \text{P} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \ddot{\text{O}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O} \\ \text{H}-\text{O} \\ \text{H}-\text{O} \end{array} \text{P} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array}$
$\text{HNO}_3$	$\text{H} \ddot{\text{O}}: \text{N} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \ddot{\text{O}}: \end{array}$	$\text{H}-\text{O}-\text{N} \begin{array}{c} \text{O} \\ \text{O} \end{array}$
$\text{HNO}_2$	$\text{H} \ddot{\text{O}}: \text{N} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \text{O} \end{array}$	$\text{H}-\text{O}-\text{N} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \text{O} \end{array}$
$\text{HClO}_4$	$\text{H} \ddot{\text{O}}: \text{Cl} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \ddot{\text{O}}: \\ \ddot{\text{O}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \uparrow \\ \text{H}-\text{O}-\text{Cl} \rightarrow \text{O} \\ \downarrow \\ \text{O} \end{array}$
$\text{HClO}_3$	$\text{H} \ddot{\text{O}}: \text{Cl} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \ddot{\text{O}}: \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O}-\text{Cl} \rightarrow \text{O} \\ \downarrow \\ \text{O} \end{array}$
$\text{HClO}_2$	$\text{H} \ddot{\text{O}}: \text{Cl} \begin{array}{c} \ddot{\text{O}}: \\ \text{O} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}-\text{O}-\text{Cl} : \\ \downarrow \\ \text{O} \end{array}$
$\text{HClO}$	$\text{H} \ddot{\text{O}}: \text{Cl} :$	$\text{H}-\text{O}-\text{Cl} :$

$\text{H}_2\text{SO}_4$	$  \begin{array}{c}  \text{H} \ddot{\text{O}}: \\    \\  \text{H} \ddot{\text{O}}: \quad \text{S} \begin{array}{l} \nearrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \\ \searrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \end{array}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H}-\text{O} \quad \nearrow \text{O} \\    \quad \searrow \\  \text{H}-\text{O} \quad \text{S} \quad \text{O}  \end{array}  $
$\text{HMnO}_4$	$  \begin{array}{c}  \ddot{\text{O}}: \\  \text{H} \ddot{\text{O}}: \text{Mn} \begin{array}{l} \nearrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \\ \searrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \end{array} \\  \ddot{\text{O}}:  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \uparrow \\  \text{H}-\text{O}-\text{Mn} \rightarrow \text{O} \\  \downarrow \\  \text{O}  \end{array}  $

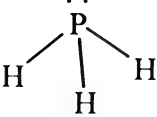
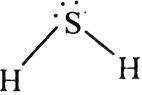
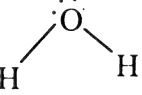
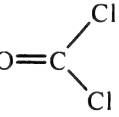
c)

<i>Phân tử</i>	<i>Công thức electron</i>	<i>Công thức cấu tạo</i>
$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$  \begin{array}{c}  \text{Na}^+ \ddot{\text{O}}: \\    \\  \text{Na}^+ \ddot{\text{O}}: \quad \text{S} \begin{array}{l} \nearrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \\ \searrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \end{array}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{Na}^+ \text{O} \quad \nearrow \text{O} \\    \quad \searrow \\  \text{Na}^+ \text{O} \quad \text{S} \quad \text{O}  \end{array}  $
$\text{KNO}_3$	$  \text{K}^+ \ddot{\text{O}}: \text{N} \begin{array}{l} \nearrow \ddot{\text{O}}: \\ \searrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \end{array}  $	$  \text{K}^+ \text{O}^- - \text{N} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{array}  $
$\text{BaCl}_2$	$\text{Ba}^{2+} 2[\ddot{\text{Cl}}:]^-$	$\text{Ba}^{2+} 2\text{Cl}^-$
$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$	$  \begin{array}{c}  \ddot{\text{O}}: \text{N} \begin{array}{l} \nearrow \ddot{\text{O}}: \\ \searrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \end{array} \\    \\  \text{Fe} \quad \ddot{\text{O}}: \text{N} \begin{array}{l} \nearrow \ddot{\text{O}}: \\ \searrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \end{array} \\    \\  \ddot{\text{O}}: \text{N} \begin{array}{l} \nearrow \ddot{\text{O}}: \\ \searrow \text{x} \ddot{\text{O}}: \end{array}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{O} \\  \nearrow \\  \text{O}-\text{N} \searrow \text{O} \\    \\  \text{Fe}-\text{O}-\text{N} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{array} \\    \\  \text{O}-\text{N} \begin{array}{l} \nearrow \text{O} \\ \searrow \text{O} \end{array}  \end{array}  $
$\text{AlCl}_3$	$  \begin{array}{c}  \ddot{\text{Cl}}: \text{Al} \ddot{\text{Cl}}: \\    \\  \ddot{\text{Cl}}:  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{Cl}-\text{Al}-\text{Cl} \\    \\  \text{Cl}  \end{array}  $

$\text{KHCO}_3$	$\text{K}^+ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \text{C} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	$\text{K}^+ \text{O}^- \begin{array}{c} \diagup \\ \text{C}=\text{O} \\ \diagdown \\ \text{H}-\text{O} \end{array}$
$\text{NaHSO}_3$	$\text{Na}^+ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \text{S} \begin{array}{c} \diagup \text{O}^- \\ \diagdown \end{array}$	$\text{Na}^+ \text{O}^- \begin{array}{c} \diagup \\ \text{S}=\text{O} \\ \diagdown \\ \text{H}-\text{O} \end{array}$
$\text{NH}_4\text{Cl}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H} \text{:}\text{N} \text{:} \text{H} \\   \\ \text{H} \end{array} \text{Cl}^-$	$\begin{array}{c} \text{H} \\   \\ \text{H}-\text{N}-\text{H} \\   \\ \text{H} \end{array} \text{Cl}^-$
$\text{NaH}_2\text{PO}_4$	$\text{Na}^+ \begin{array}{c} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \\   \\ \text{H} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \end{array} \text{P} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$	$\text{Na}^+ \text{O}^- \begin{array}{c} \diagup \\ \text{H}-\text{O}-\text{P} \rightarrow \text{O} \\ \diagdown \\ \text{H}-\text{O} \end{array}$
$\text{Al}_4\text{C}_3$	$\text{Al} \text{:}\text{C} \text{:} \text{Al} \text{:}\text{C} \text{:} \text{Al} \text{:}\text{C} \text{:} \text{Al}$	$\text{Al} \equiv \text{C} - \text{Al} = \text{C} = \text{Al} - \text{C} \equiv \text{Al}$
$\text{CaC}_2$	$\text{Ca} \begin{array}{c} \text{:} \text{C} \\ \text{:} \\ \text{:} \text{C} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{Ca} \quad \text{C} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} \end{array}$
$\text{BaS}$	$\text{Ba} \text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}$	$\text{Ba}=\text{S}$

e)

<i>Phân tử</i>	<i>Công thức electron</i>	<i>Công thức cấu tạo</i>
HBr	$\text{H} \text{:}\ddot{\text{Br}}\text{:}$	$\text{H}-\text{Br}$
$\text{H}_2\text{O}_2$	$\text{H} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \text{:}\ddot{\text{O}}\text{:} \text{H}$	$\begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{O}-\text{O} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array}$

PH <sub>3</sub>	$\begin{array}{c} \text{H} \quad \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{P} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{H} \end{array}$	
H <sub>2</sub> S	$\text{H} \quad \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{S} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{H} \end{array}$	
H <sub>2</sub> O	$\text{H} \quad \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{O} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{H} \end{array}$	
COCl <sub>2</sub>	$\begin{array}{c} \cdot\cdot \text{Cl} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{O} :: \text{C} \cdot\cdot \\ \cdot\cdot \text{Cl} \cdot\cdot \end{array}$	

## DẠNG 2: XÁC ĐỊNH BẢN CHẤT LIÊN KẾT HÌNH THÀNH TRONG HỢP CHẤT

**Phương pháp:**  
Dựa vào hiệu độ âm điện giữa hai nguyên tử tham gia liên kết để dự đoán một liên kết được hình thành thuộc loại liên kết ion, liên kết cộng hoá trị có cực hay liên kết cộng hoá trị không cực.

Hiệu độ âm điện	Loại liên kết
$0,0 \rightarrow < 0,4$	Liên kết cộng hoá trị không cực
$0,4 \leq \rightarrow < 1,7$	Liên kết cộng hoá trị có cực
$\geq 1,7$	Liên kết ion

**Ví dụ 1:** Nguyên tử của nguyên tố X có tổng số electron thuộc phân lớp p là 11. Điện tích hạt nhân nguyên tử của nguyên tố Y là  $+14,4.10^{-19}$  Culong. Liên kết giữa X và Y thuộc loại liên kết nào ?

***Giải***

Theo đề ra, cấu hình electron của X:

$$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \Rightarrow Z_X = 17 \text{ (Cl)}$$

$$Z_Y = \frac{14,4.10^{-19}}{1,6.10^{-19}} = 9 \text{ (F)}$$



Trong phân tử ClF, hiệu độ âm điện của F và Cl là  $3,98 - 3,14 = 0,84$ , liên kết giữa Cl và F là liên kết cộng hóa trị có cực.

**Ví dụ 2:** Cho các hợp chất sau:  $K_2SO_4$ ,  $CaOCl_2$ ,  $Ba(NO_3)_2$ ,  $Fe(HCO_3)_2$  trong các hợp chất trên, hợp chất nào

- có liên kết ion - cộng hóa trị ?
- liên kết ion - cộng hóa trị - phối trí (cho - nhận) ?

***Giải***

Có liên kết ion - cộng hóa trị	Liên kết ion - cộng hóa trị - phối trí (cho - nhận)
<p>• <math>CaOCl_2</math></p> $Ca^{2+} \begin{array}{c} \text{[:}\ddot{O}\text{:}\ddot{Cl}\text{:}] \\ \text{[:}\ddot{Cl}\text{:}] \end{array} \longrightarrow Ca^{2+} \begin{array}{c} \text{O} \\   \\ \text{O}-Cl \\   \\ Cl^- \end{array}$ <p>• <math>Fe(HCO_3)_2</math></p> $\begin{array}{c} H-\ddot{O}: \\   \\ Fe-\ddot{O}: \\   \\ H-\ddot{O}: \end{array} \begin{array}{c} C::\ddot{O}: \\ \\ C::\ddot{O}: \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} H-O \\   \\ Fe-O-C=O \\   \\ O \\   \\ Fe-O-C=O \\   \\ H-O \end{array}$	<p>• <math>K_2SO_4</math></p> $K^+ \begin{array}{c} \text{[:}\ddot{O}\text{:} \\ \\ \text{[:}\ddot{O}\text{:} \end{array} S \begin{array}{c} \text{:}\ddot{O}\text{:} \\ \text{:}\ddot{O}\text{:} \end{array} \longrightarrow \begin{array}{c} K^+ \text{O} \\   \quad \diagup \\ \text{O} \quad S \quad \diagdown \\   \quad \text{O} \end{array}$ <p>• <math>Ba(NO_3)_2</math></p> $Ba^{2+} 2 \begin{array}{c} \text{[:}\ddot{O}\text{:} N \\ \text{:}\ddot{O}\text{:} \end{array} \longrightarrow Ba^{2+} 2 \begin{array}{c} \text{O} \\    \\ \text{O}-N \\ \diagdown \\ \text{O} \end{array}$

**Ví dụ 3:** a) Dựa vào độ âm điện hãy sắp xếp theo chiều giảm độ phân cực của liên kết giữa hai nguyên tử trong phân tử các chất sau:

$CaO$ ,  $MgO$ ,  $AlN$ ,  $N_2$ ,  $NaBr$ ,  $BCl_2$ ,  $AlCl_3$ ,  $CH_4$ ,  $Al_2O_3$ ,  
 $CuCl_2$ ,  $H_2O$ ,  $Na_2S$ ,  $FeS_2$ ,  $H_2S$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $KBr$

Phân tử nào có liên kết ion? Liên kết cộng hóa trị có cực và không có cực ?

b) Hãy nêu bản chất liên kết trong các phân tử sau:

$AgCl$ ,  $HBr$ ,  $NH_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $NH_4NO_3$ ,  $BeCl_2$ ,  $AlCl_3$ ,  $PCl_5$ ,  $SF_6$ .

***Giải***

a)

Phân tử	Hiệu độ âm điện ( $\Delta\chi$ )	Loại liên kết
CaO	$\Delta\chi = 3,44 - 1 = 2,44$	Ion
MgO	$\Delta\chi = 3,44 - 1,31 = 2,13$	Ion
AlN	$\Delta\chi = 3,04 - 1,61 = 1,43$	CHT có cực

Phân tử	Hiệu độ âm điện ( $\Delta\chi$ )	Loại liên kết
$Al_2O_3$	$\Delta\chi = 3,44 - 1,61 = 1,83$	Ion
$H_2O$	$\Delta\chi = 3,44 - 2,20 = 1,24$	CHT có cực
$Na_2S$	$\Delta\chi = 2,58 - 0,93 = 1,65$	CHT có cực

N <sub>2</sub>	$\Delta\chi = 0$	CHT không cực
NaBr	$\Delta\chi = 2,96 - 0,93 = 2,03$	Ion
BCl <sub>2</sub>	$\Delta\chi = 3,16 - 2,04 = 1,12$	CHT có cực
AlCl <sub>3</sub>	$\Delta\chi = 3,14 - 1,61 = 1,53$	CHT có cực
CH <sub>4</sub>	$\Delta\chi = 2,55 - 2,20 = 0,35$	CHT không cực

FeS <sub>2</sub>	$\Delta\chi = 2,58 - 1,83 = 0,75$	CHT có cực
H <sub>2</sub> S	$\Delta\chi = 2,58 - 2,20 = 0,38$	CHT không cực
CuCl <sub>2</sub>	$\Delta\chi = 3,16 - 1,90 = 1,26$	CHT có cực
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	$\Delta\chi = 3,04 - 1,83 = 1,21$	CHT có cực
KBr	$\Delta\chi = 2,96 - 0,82 = 2,14$	Ion

Hiệu độ âm điện càng lớn thì liên kết trong phân tử càng phân cực  $\Rightarrow$  Dãy gồm các chất được sắp xếp theo chiều giảm dần độ phân cực như sau:

CaO, KBr, MgO, NaBr, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>S, AlCl<sub>3</sub>, AlN, CuCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, BCl<sub>2</sub>, FeS<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>

**Ví dụ 4:** a) Một nguyên tố R và một nguyên tố X có cấu hình electron phân lớp ngoài cùng lần lượt là:  $2s^1$  và  $2p^5$ . Xác định các nguyên tố R, X, công thức hợp chất giữa chúng và loại liên kết hình thành trong hợp chất thu được.

b) Dựa vào độ âm điện hãy nêu bản chất liên kết trong các anion:



c) Tìm cation M<sup>+</sup> có cấu hình electron phân lớp ngoài cùng là  $2p^6$  và anion X<sup>-</sup> có cấu hình electron phân lớp ngoài cùng là  $3p^6$ . Cho biết liên kết hóa học giữa hai ion trên thuộc loại liên kết gì.

d) Cặp chất nào sau đây mỗi chất đều chứa cả 3 loại liên kết (ion, cộng hóa trị, cho - nhận)

(1) NaCl, H<sub>2</sub>O

(2) NH<sub>4</sub>Cl, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

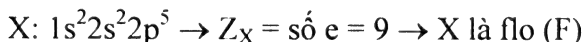
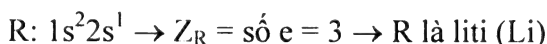
(3) KHSO<sub>4</sub>, KNO<sub>3</sub>

(4) Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Ba(OH)<sub>2</sub>

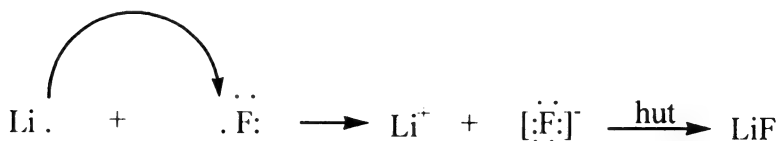
(5) SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>.

### Giải

a) Cấu hình electron đầy đủ:



Liên kết giữa Li và F thuộc loại liên kết ion.



b)

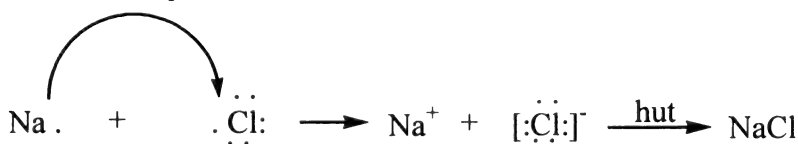
Anion	Công thức cấu tạo	Hiệu độ âm điện	Bản chất liên kết
$\text{HCO}_3^-$		$\Delta\chi_{\text{O-H}} = 3,44 - 2,20 = 1,24$ $\Delta\chi_{\text{C-O}} = 3,44 - 2,55 = 0,89$	4 liên kết cộng hóa trị có cực: 1 liên kết O – H và 2 liên kết C=O
$\text{ClO}_4^-$		$\Delta\chi_{\text{Cl-O}} = 3,44 - 3,16 = 0,28$	4 liên kết cộng hóa trị có cực Cl=O
$\text{SO}_4^{2-}$		$\Delta\chi_{\text{S-O}} = 3,44 - 2,58 = 0,86$	4 liên kết cộng hóa trị có cực S=O

c) Cấu hình electron đầy đủ:

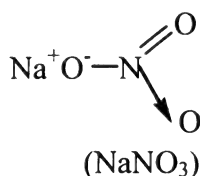
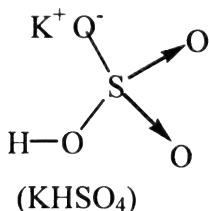
$$\text{M}^+: 1s^2 2s^2 2p^6 \rightarrow \text{M}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^1 \Rightarrow Z_{\text{M}} = \text{số e} = 11 \Rightarrow \text{M là natri (Na)}$$

$$\text{X}^-: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 \Rightarrow \text{X}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5 \Rightarrow Z_{\text{X}} = \text{số e} = 17 \Rightarrow \text{X là clo (Cl)}$$

$\Rightarrow$  Liên kết giữa Na và Cl thuộc loại liên kết ion vì được hình thành bởi 1 kim loại điển hình và 1 phi kim điển hình

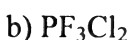
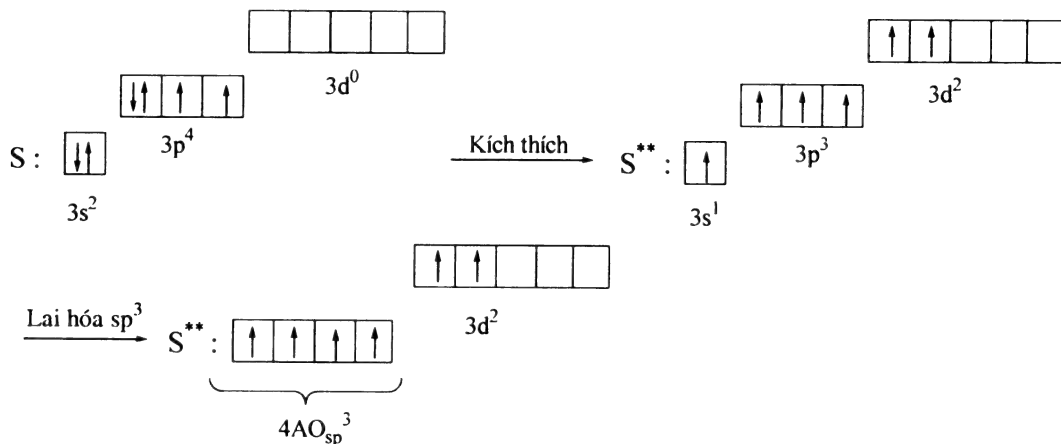


d) Cặp (3)



### DẠNG 3: MÔ TẢ SỰ TẠO THÀNH LIÊN KẾT VÀ CẤU TRÚC HÌNH HỌC CỦA PHÂN TỬ

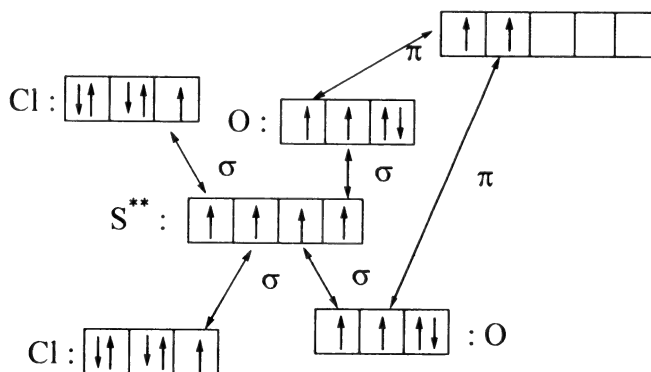
**Ví dụ 1:** Sử dụng phương pháp cặp electron hay phương pháp liên kết hoá trị (viết tắt là VB - Valence Bond) và mô hình VSEPR hãy cho biết sự tạo thành liên kết, trạng thái lai hoá của nguyên tử trung tâm, dạng hình học của các phân tử sau:

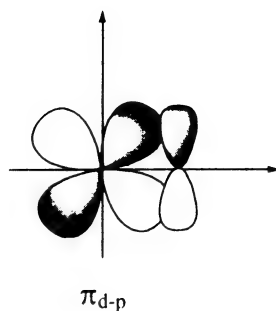
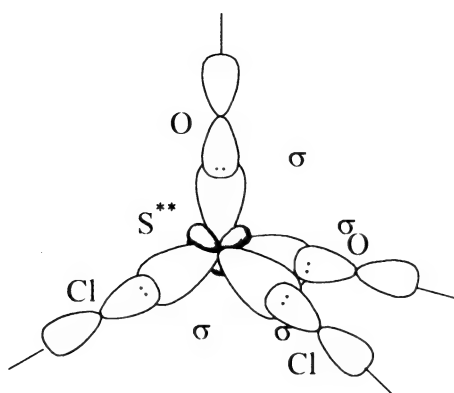
**Giải**a) Xét phân tử  $\text{SO}_2\text{Cl}_2$ 

Ở trạng thái kích thích S lai hoá  $sp^3$  với cấu trúc tứ diện, góc lai hoá  $109^\circ 28'$ . Khi hình thành phân tử,  $4\text{AO}_{sp^3}$  chứa electron độc thân sẽ xen phủ với 2  $\text{AO}_{2p}$  chứa electron độc thân của hai nguyên tử O và 2  $\text{AO}_{3p}$  chứa electron độc thân của hai nguyên tử Cl tạo 4 liên kết  $\sigma$ . Ngoài ra, còn có sự xen phủ bên của 2  $\text{AO}_{3d}$  chứa electron độc thân của S với 2  $\text{AO}_{2p}$  chứa electron độc thân của 2 nguyên tử O tạo hai liên kết  $\pi$ .

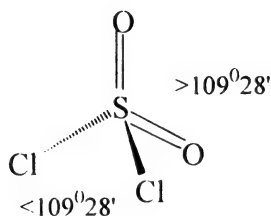
Do các electron trên liên kết  $\text{S} = \text{O}$  đẩy mạnh hơn trên liên kết  $\text{S} - \text{Cl}$  nên góc liên kết khác góc lai hoá ban đầu và phân tử có cấu trúc tứ diện lệch.

Sơ đồ cấu tạo phân tử:

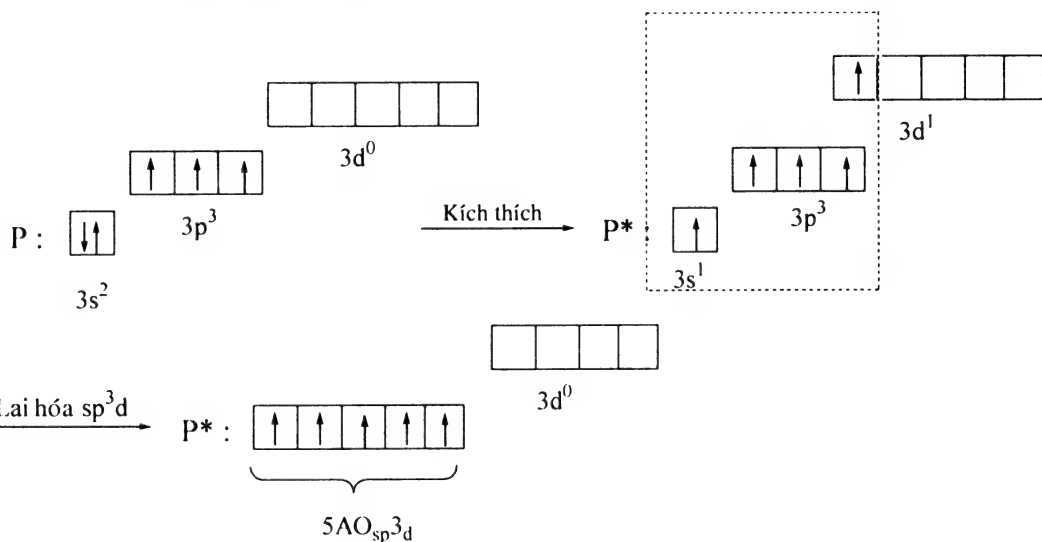




Cấu trúc phân tử:

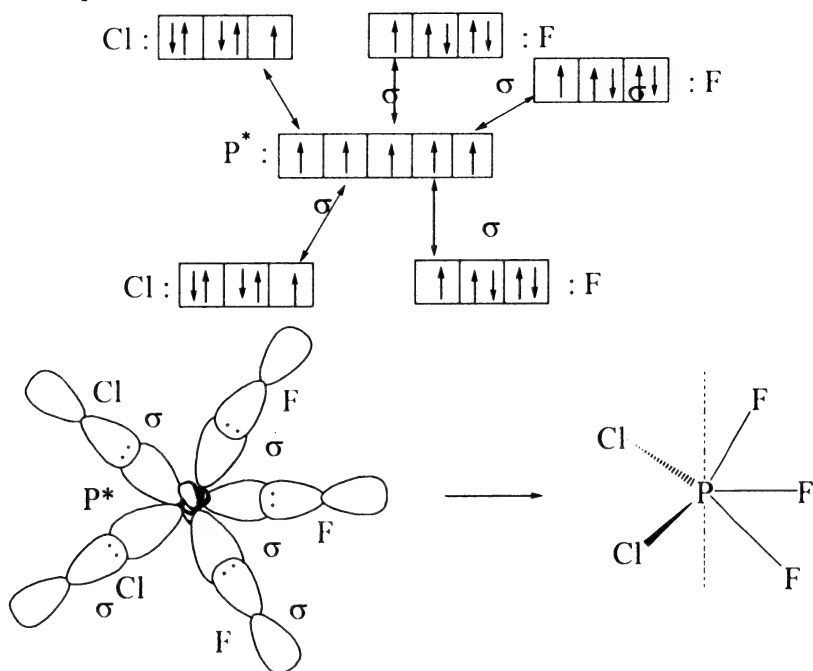


b) Xét phân tử  $\text{PF}_3\text{Cl}_2$



Ở trạng thái kích thích P lai hoá  $sp^3d$  với cấu trúc tháp tam giác. Khi hình thành phân tử  $5AO_{sp^3d}$  chứa electron độc thân sẽ xen phủ với  $3AO_{2p}$  chứa 3 electron độc thân của ba nguyên tử F và 2  $AO_{3p}$  chứa hai electron độc thân của hai nguyên tử Cl tạo 5 liên kết  $\sigma$ . Do độ âm điện  $\chi_F > \chi_{Cl}$  nên góc liên kết khác góc lai hoá ban đầu.

Sơ đồ cấu tạo phân tử:



**Ví dụ 2:** a) Hãy cho biết cấu trúc hình học của các phân tử  $\text{PH}_3$  và  $\text{AsH}_3$ . So sánh hai góc liên kết  $\widehat{\text{HPH}}$  và  $\widehat{\text{HAsH}}$  và giải thích.

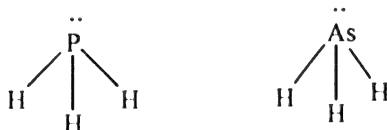
b) Các phân tử  $\text{POF}_3$  và  $\text{POCl}_3$  có cấu trúc hình học như thế nào? Góc liên kết  $\widehat{\text{XPX}}$  trong phân tử nào lớn hơn?

c) Những phân tử nào sau đây có momen lưỡng cực lớn hơn 0?

$\text{BF}_3$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SiF}_4$ ,  $\text{SiHCl}_3$ ,  $\text{SF}_2$ ,  $\text{O}_2$

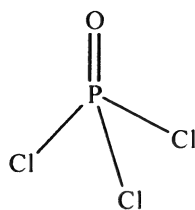
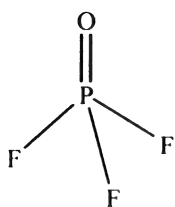
### Giải

a) Cả hai phân tử đều có cấu trúc chóp tam giác vì nguyên tử trung tâm lai hoá  $\text{sp}^3$  chưa hoàn hảo (còn 1AO lai hoá  $\text{sp}^3$  chứa cặp electron tự do không tham gia liên kết).



Góc  $\widehat{\text{HPH}} > \widehat{\text{HAsH}}$  vì  $\chi_{\text{P}} > \chi_{\text{As}}$  nên lực đẩy tĩnh điện của hai cặp electron trên hai liên kết P-H mạnh hơn trên hai liên kết As-H vì khoảng cách giữa chúng gần nhau hơn.

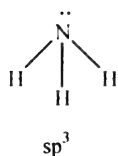
b) Hai phân tử  $\text{POF}_3$  và  $\text{POCl}_3$  đều có cấu trúc tứ diện lệch vì P ở trạng thái lai hoá  $\text{sp}^3$  ( $n = 3 + 1 = 4$ ).



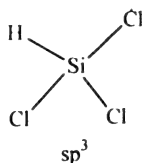
Góc  $\widehat{FPF} < \widehat{ClPCl}$  vì Cl có độ âm điện nhỏ hơn F nên khoảng cách giữa hai cặp electron dùng chung trong hai liên kết P-F xa hơn trong hai liên kết P-Cl

$\Rightarrow$  Lực đẩy tĩnh điện nhỏ hơn.

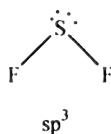
c)



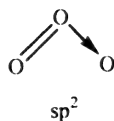
$(\mu > 0)$



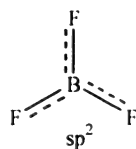
$(\mu > 0)$



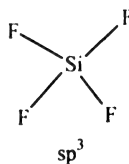
$(\mu > 0)$



$(\mu > 0)$



$(\mu = 0)$



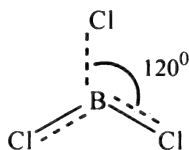
$(\mu = 0)$

**Ví dụ 3:** Sử dụng mô hình về sự đẩy nhau của các cặp electron hoá trị (mô hình VSEPR), dự đoán dạng hình học của các ion và phân tử sau:  $\text{BeH}_2$ ,  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{NF}_3$ ,  $\text{SiF}_6^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{I}_3^-$ .

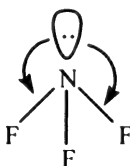
### ***Giải***

- $\text{BeH}_2$ : dạng  $\text{AX}_2\text{E}_0$ . Phân tử có cấu trúc thẳng H-Be-H

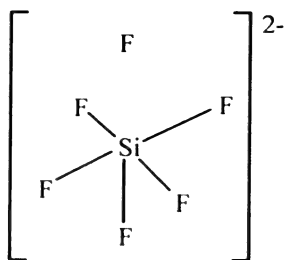
- $\text{BCl}_3$ : dạng  $\text{AX}_3\text{E}_0$ , trong đó có một "siêu cặp" của liên kết đôi B=Cl. Phân tử có dạng tam giác đều phẳng.



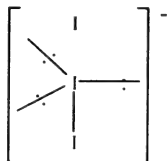
- $\text{NF}_3$ : dạng  $\text{AX}_3\text{E}_1$ . Phân tử có dạng hình chóp tam giác đều với N nằm ở đỉnh chóp. Góc  $\widehat{FNF}$  nhỏ hơn  $109^\circ 29'$  do lực đẩy mạnh hơn của cặp electron không liên kết.



- $\text{SiF}_6^{2-}$ : dạng  $\text{AX}_6\text{E}_0$ . Ion có cấu trúc bát diện đều.

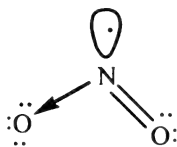


- $\text{NO}_2^+$ : dạng  $\text{AX}_2\text{E}_0$ . Ion có cấu trúc đường thẳng ( $[\text{O}=\text{N}=\text{O}]^+$ )
- $\text{I}_3^-$ : dạng  $\text{AX}_2\text{E}_3$ , I ở trạng thái lai hoá  $\text{dsp}^3$ , trong đó có hai liên kết I-I được ưu tiên nằm trên trục thẳng đứng, 3 orbital lai hoá nằm trong mặt phẳng xích đạo (vuông góc với trục) dùng để chứa 3 cặp electron không liên kết. Ion có cấu trúc đường thẳng.



**Ví dụ 4:** Cho các phân tử và ion sau:  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^+$  và  $\text{NO}_2^-$ . Hãy viết công thức Lewis, cho biết trạng thái lai hoá của nguyên tử trung tâm, dự đoán dạng hình học của các phân tử và ion nói trên, đồng thời sắp xếp các góc liên kết trong chúng theo chiều giảm dần. Giải thích.

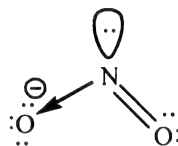
**Giải**



lai hoá  $\text{sp}^2$   
dạng góc



lai hoá sp  
dạng đường thẳng



lai hoá  $\text{sp}^2$   
dạng góc

Trong  $\text{NO}_2$ , trên N có 1 electron không liên kết, còn trong  $\text{NO}_2^-$  trên N có một cặp electron không liên kết nên tương tác đẩy mạnh hơn

$\Rightarrow$  Góc  $\widehat{\text{ONO}}$  trong  $\text{NO}_2^-$  nhỏ hơn trong  $\text{NO}_2$

Vậy góc liên kết:  $\text{NO}_2^+ > \text{NO}_2 > \text{NO}_2^-$

**Ví dụ 5:** a) Sử dụng phương pháp cặp electron hay phương pháp liên kết hóa trị (viết tắt là VB - Valence Bond) hãy mô tả sự hình thành liên kết trong phân tử  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

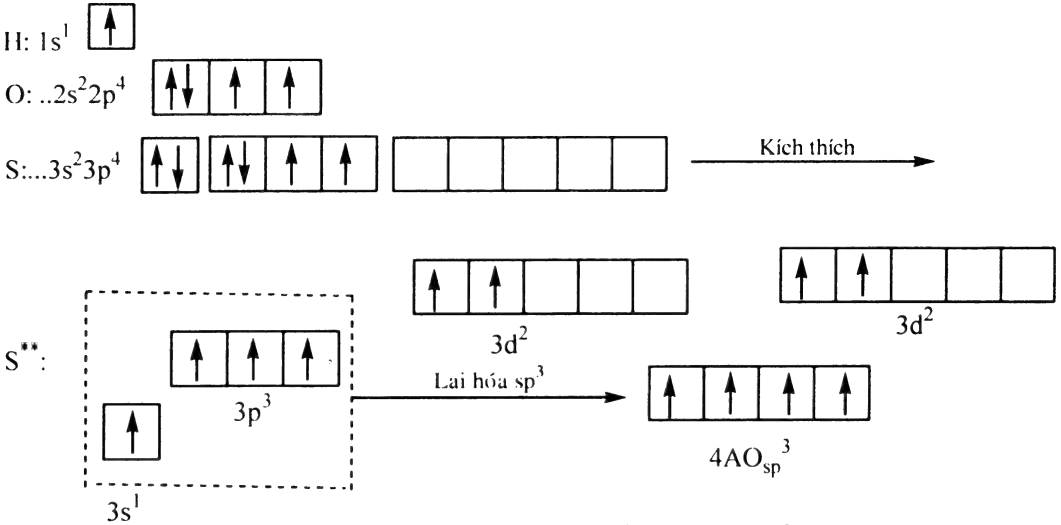
b) Cho các chất sau:  $\text{Cl}_2\text{O}$ ,  $\text{F}_2\text{O}$ ; hãy so sánh và giải thích các giá trị góc liên kết và độ phân cực của chúng.

c) Cho biết trạng thái lai hóa của nguyên tử trung tâm và dạng hình học của mỗi phân tử và ion sau:  $\text{NCl}_3$ ,  $\text{XeF}_4$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PCl}_5$ ,  $\text{BF}_5$ ,  $\text{SF}_6$ .



***Giải***

a)

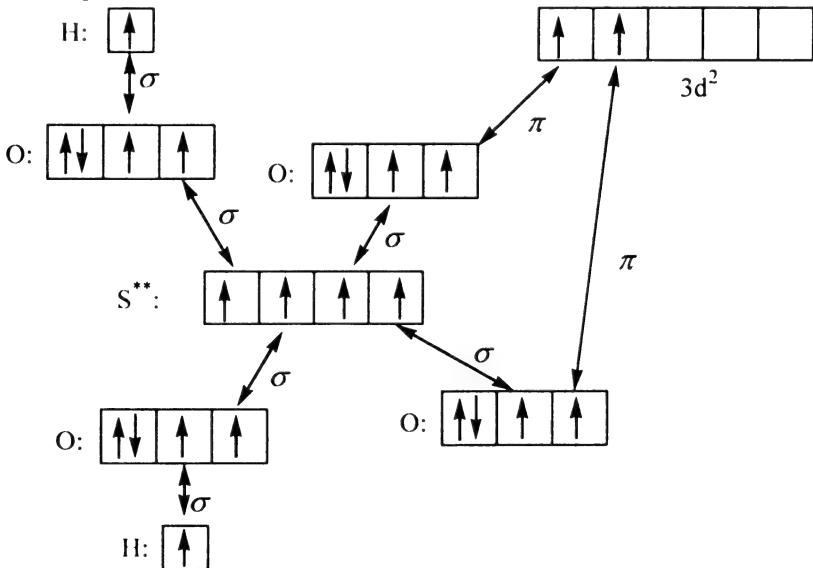


Ở trạng thái kích thích thứ nhất nguyên tử S<sup>\*\*</sup> lai hóa  $sp^3$  với cấu trúc tứ diện đều, góc liên kết  $109^{\circ}28'$ .

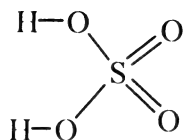
Khi hình thành phân tử  $4\text{AO}_{sp^3}$  chứa electron sẽ xen phủ với  $4\text{AO}_{2p}$  chứa electron độc thân của 4 nguyên tử oxi tạo 4 liên kết  $\sigma$ . Ngoài ra, còn có sự xen phủ bên của 2  $\text{AO}_{3d}$  chứa electron độc thân của S<sup>\*\*</sup> với 2  $\text{AO}_{2p}$  chứa electron độc thân của 2 nguyên tử O tạo 2 liên kết  $\pi_{\text{S-O}}$  và sự xen phủ trực 2  $\text{AO}_{1s}$  của 2 nguyên tử H với 2  $\text{AO}_{2p}$  chứa electron độc thân của hai nguyên tử O còn lại tạo hai liên kết  $\sigma$ .

Do các electron trên liên kết S=O đẩy mạnh hơn electron trên liên kết S-O nên góc liên kết khác với góc lai hóa và cấu trúc hình học của phân tử là tứ diện không đều (lệch).

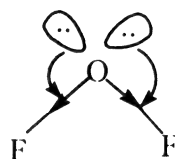
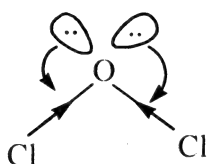
Sơ đồ cấu tạo phân tử:



Công thức cấu tạo:



b) Trong 2 phân tử, O đều ở trạng thái lai hóa  $sp^3$  với cấu tạo như sau:



Góc liên kết:

$110^\circ$

$103^\circ$

Độ phân cực phân tử:

0,78D

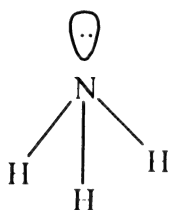
0,03D

Liên kết O-Cl phân cực về phía nguyên tử O, còn liên kết O-F phân cực về phía F  $\Rightarrow$  khoảng cách giữa hai cặp electron liên kết trong phân tử  $\text{Cl}_2\text{O}$  nhỏ hơn, lực đẩy tĩnh điện mạnh hơn nên góc liên kết lớn hơn.

Trong phân tử  $\text{Cl}_2\text{O}$ , mô men lưỡng cực của liên kết và cặp electron tự do là cùng chiều còn trong phân tử  $\text{F}_2\text{O}$  là ngược chiều. Do vậy  $\mu(\text{Cl}_2\text{O}) > \mu(\text{F}_2\text{O})$ .

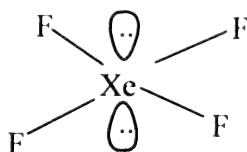
c) Trạng thái lai hóa và cấu trúc hình học:

$\text{NH}_3$



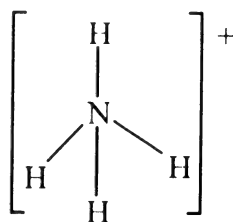
Dạng: Tháp tam giác  
N lai hóa  $sp^3$

$\text{XeF}_4$



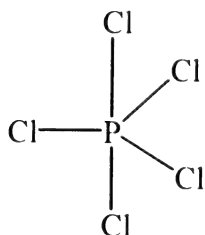
Vuông phẳng  
Xe lai hóa  $sp^3d^2$

$\text{NH}_4^+$



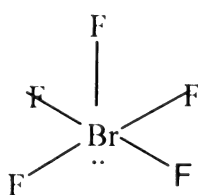
Tứ diện đều  
N lai hóa  $sp^3$

$\text{PCl}_5$



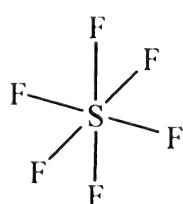
Dạng: Lăng trụ tam giác  
tam giác Br  
P lai hóa  $sp^3d$

$\text{BrF}_5$



Tháp vuông  
lai hóa  $sp^3d^2$  S

$\text{SF}_6$

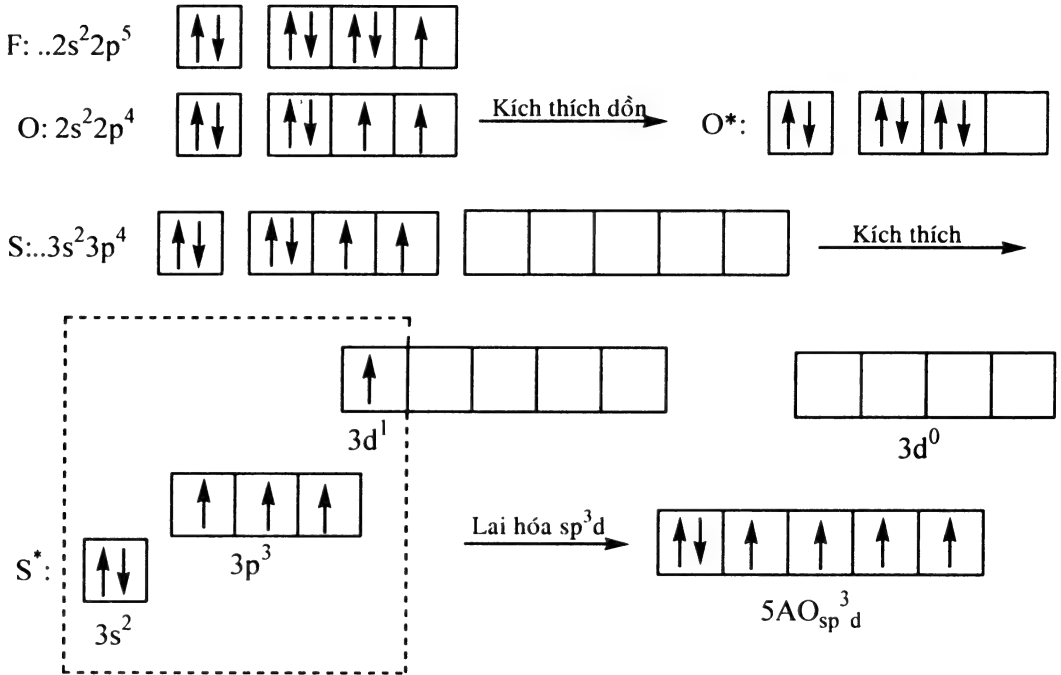


Bát diện đều  
lai hóa  $sp^3d^2$

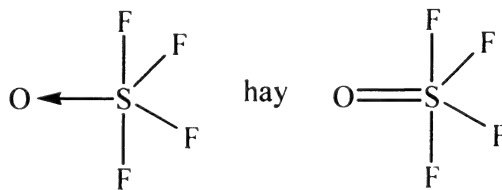
**Ví dụ 6:** Mô tả dạng hình học của các phân tử sau:  $\text{SOF}_4$ ,  $\text{PBr}_2\text{F}_3$ .

**Giải**

•  $\text{SOF}_4$ :

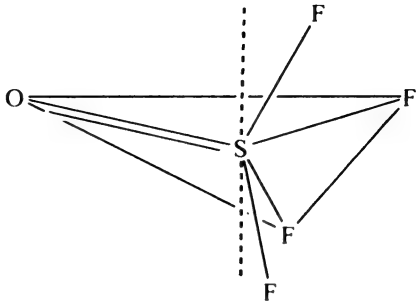


Khi hình thành phân tử thì 4  $\text{AO}_{sp^3d}$  chứa electron độc thân của nguyên tử S xen phủ với 4  $\text{AO}_{2p}$  chứa electron độc thân của nguyên tử F tạo 4 liên kết  $\sigma$ . Còn 1  $\text{AO}_{sp^3d}$  chứa cặp electron tự do sẽ tham gia tạo liên kết cho nhận với  $\text{AO}_{2p}$  trống của O\*.

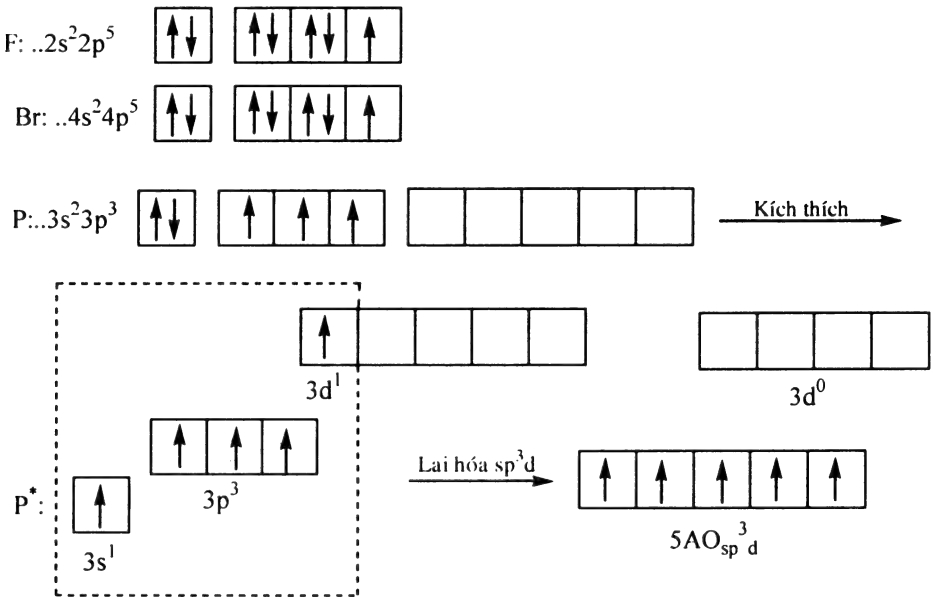


Do độ âm điện của các phối tử khác nhau ( $\chi_F > \chi_O$ ) nên cấu trúc hình học có sự thay đổi chút ít so với cấu trúc lưỡng chóp tam giác. Nói cách khác có sự đẩy giữa electron liên kết  $\text{S}=\text{O}$  và liên kết  $\text{S}-\text{F}$  làm cho góc  $\widehat{\text{OSF}} > \text{góc lai hóa}$ , góc  $\widehat{\text{FSF}} < \text{góc lai hóa}$  (các electron liên kết  $\text{S}=\text{O}$  đẩy electron mạnh hơn các electron trên liên kết  $\text{S}-\text{F}$ ) độ dài liên kết  $\text{S}=\text{O} < \text{S}-\text{F}$ .

Cấu trúc hình học của phân tử:



•  $\text{PBr}_2\text{F}_3$ :



↑

↑

↑

↑

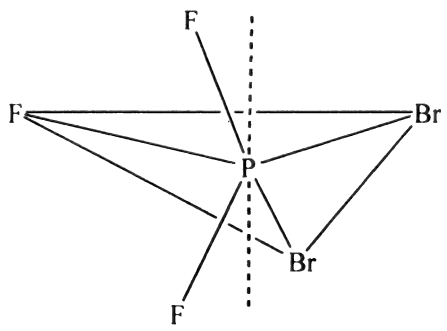
↑

$5\text{AO}_{sp^3d}$

↑

$3d^0$

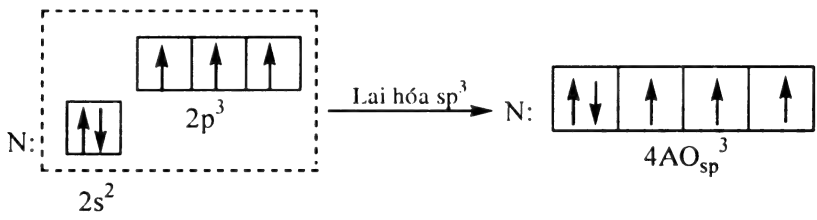
Nguyên tử trung tâm P ở trạng thái kích thích lại hóa  $sp^3d$ . Do đó phân tử có cấu trúc lưỡng chóp tam giác. Khi hình thành phân tử  $5\text{AO}_{sp^3d}$  chứa 5 electron độc thân của nguyên tử P xen phủ với các AO chứa 1 electron độc thân của 2 nguyên tử F và 3 nguyên tử Br tạo nên 5 liên kết σ. Vì độ âm điện  $\chi_F > \chi_{Br}$  nên góc liên kết khác góc lai hóa ban đầu.



**Ví dụ 7:** Phân tử  $\text{NH}_3$  có dạng hình chóp tam giác đều (nguyên tử N ở đỉnh hình chóp). Ion  $\text{NH}_4^+$  có dạng hình tứ diện đều (nguyên tử nitơ nằm ở tâm của tứ diện đều). Dựa vào sự xen phủ các obitan, hãy mô tả sự hình thành các liên kết trong phân tử  $\text{NH}_3$  và ion  $\text{NH}_4^+$ .

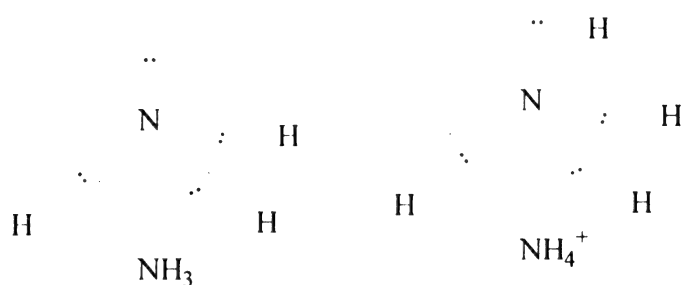
**Giải**

Trong phân tử  $\text{NH}_3$  và ion  $\text{NH}_4^+$ , N lai hoá  $\text{sp}^3$ :



Trong  $\text{NH}_3$  một obitan lai hoá  $\text{sp}^3$  có cặp electron không liên kết, còn 3 obitan lai hoá  $\text{sp}^3$  khác với 1 electron độc thân xen phủ với một obitan s của nguyên tử H có 1 electron, tạo ra các liên kết  $\sigma$  bền vững.

Trong  $\text{NH}_4^+$ , ngoài 3 liên kết  $\sigma$  như trong  $\text{NH}_3$ , còn 1 obitan lai hoá  $\text{sp}^3$  với đôi electron xen phủ với AO 1s của  $\text{H}^+$  không có electron, tạo ra liên kết  $\sigma$  thứ 4.



**Ví dụ 8:** Sự phá vỡ các liên kết Cl-Cl trong một mol Cl-Cl đòi hỏi một năng lượng bằng 243 kJ (năng lượng này có thể sử dụng dưới dạng quang năng). Hãy tính bước sóng của photon cần sử dụng để phá vỡ liên kết Cl-Cl của phân tử  $\text{Cl}_2$ . Cho: tốc độ ánh sáng  $c = 3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$ ; hằng số Planck  $h = 6,625.10^{-34} \text{ J.s}^{-1}$ ; hằng số Avogadro  $N_A = 6,022.10^{23} \text{ mol}^{-1}$ .

**Giải**

$$\text{Cl}_2 + h\nu \rightarrow 2\text{Cl}$$

$$\Rightarrow \epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda} = \frac{243.10^3}{6,022.10^{23}} = 4,035.10^{-19} \text{ (J/phân tử)}$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\epsilon} = \frac{6,625.10^{-34}.3.10^8}{4,035.10^{-19}} = 4,925.10^{-7} \text{ (m)} = 4925 \text{ (nm)}$$

DẠNG 3: BÀI TOÁN VỀ MẠNG TINH THỂ

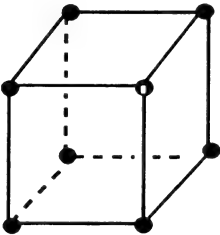
Trong tinh thể, các đơn vị cấu trúc (nguyên tử, phân tử, ion, ...) được phân bố một cách tuần hoàn theo những quy luật nhất định tạo thành một mạng lưới không gian đều đặn. Từ đó có thể coi tinh thể được hình thành từ các ô mạng cơ sở được gọi là tế bào sơ đẳng. Có các kiểu mạng sau:

1. Mạng lập phương đơn giản

• Nếu chỉ ở các đỉnh của tế bào sơ đẳng mới có các đơn vị cấu trúc thì mạng tinh thể được gọi là mạng lập phương đơn giản.

• Số nguyên tử trong một ô mạng cơ sở:

Ta cần nhớ rằng trong tinh thể có vô số tế bào sơ đẳng (không phải chỉ có một tế bào đơn độc) nên 8 tế bào cùng chung một đỉnh, mỗi đơn vị cấu trúc ở 8 đỉnh thuộc 8 tế bào. Nói cách khác chỉ 1/8 đơn vị cấu trúc thuộc mỗi tế bào. Trong mạng lưới đơn giản (8 đỉnh) như vậy chỉ có  $(1/8) \times 8 = 1$  đơn vị cấu trúc



Tế bào đơn vị mạng lập phương đơn giản

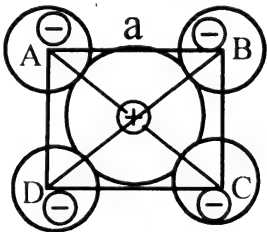
Như vậy trong tế bào đơn giản có 1 nguyên tử

**Ví dụ 1:** a) Các ion  $\text{Cs}^+$  và  $\text{Cl}^-$  có bán kính tương ứng  $r_+ = 1,69 \text{ \AA}$ ,  $r_- = 1,81 \text{ \AA}$ . Hãy tính cạnh của tế bào sơ đẳng của tinh thể  $\text{CsCl}$ .

b)  $\text{NaCl}$  có khối lượng riêng  $d = 2,165 \text{ gam/cm}^3$ . Hãy tính tổng bán kính  $r_+ + r_-$  ( $\text{NaCl} = 58,44$ ,  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$ ).

**Giải**

a)



$\text{CsCl}$  kết tinh trong mạng lưới lập phương đơn giản (đối với mỗi loại ion).  $AC, BD$  là những đường chéo của hình lập phương (xem hình trên). Với  $BC$  là đường chéo của một mặt ta có:

$BC^2 = a^2 + a^2 = 2a^2$  và  $AC^2 = AB^2 + BC^2 = 3a^2$

$\Rightarrow AC = a\sqrt{3}$

Từ hình vẽ ta có:  $AC = 2(r_+ + r_-) \Rightarrow a = \frac{2(1,69 + 1,81)}{\sqrt{3}} = 4,04 \text{ \AA}$

b) Tinh thể NaCl có cấu trúc mạng lập phương tâm diện nên mỗi tế bào cơ sở có 4 phân tử NaCl

Gọi  $a$  là cạnh của hình lập phương,  $m$  là khối lượng của 1 phân tử NaCl thì ta có:

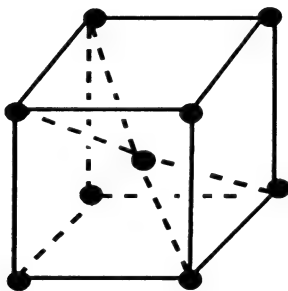
$$d = \frac{4m}{a^3} \Rightarrow a = \sqrt[3]{\frac{4m}{d}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 58,44}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2,165 \cdot 10^6}} = 5,64 \cdot 10^{-10} \text{ m} = 5,64 \text{ \AA}$$

Nhìn vào mỗi cạnh của hình lập phương tâm diện ta thấy các ion âm ( $\text{Cl}^-$ ) và dương ( $\text{Na}^+$ ) tiếp xúc nhau nên:

$$a = 2(r_- + r_+) \rightarrow r_- + r_+ = \frac{a}{2} = 2,82 \text{ \AA}$$

## 2. Mạng lập phương tâm khối

Nếu ở tâm mỗi tế bào cơ sở có thêm một đơn vị cấu trúc thì ta có mạng lưới tinh thể lập phương tâm khối.



*Tế bào đơn vị mạng lập phương tâm khối*

• Số nguyên tử trong một ô mạng cơ sở:  $1 + \frac{1}{8} \cdot 8 = 2$  (nguyên tử)

• Tính độ đặc khít:

Xét 1 đơn vị mạng lập phương tâm khối có cạnh  $= a \Rightarrow V_{tt} = a^3$ .

Xét theo đường chéo của hình lập phương. Các nguyên tử xếp sát nhau nên:

$$4R = \frac{a\sqrt{3}}{4}$$

Thể tích choán chỗ của 2 nguyên tử:  $V_{NT} = 2 \cdot \frac{4\pi R^3}{3} = \frac{8\pi}{3} \cdot \left(\frac{a\sqrt{3}}{4}\right)^3$

Vậy độ đặc khít của mạng tinh thể lập phương tâm khối

$$= \frac{V_{NT}}{V_{TT}} \cdot 100\% = \frac{\frac{8\pi}{3} \cdot \left(\frac{a\sqrt{3}}{4}\right)^3}{a^3} \cdot 100\% = 68\%$$

• **Khối lượng riêng (d) của nguyên tử kim loại:**  $d = \frac{2 \cdot m_{NT}}{V_{TT}} \cdot \frac{2 \cdot M}{a^3 \cdot N_A} \text{ (gam/cm}^3\text{)}$

Trong đó:

- M: Nguyên tử khối của kim loại (gam/mol).

- a: Độ dài cạnh của ô mạng cơ sở (cm).

-  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$  nguyên tử/mol: Hằng số Avogadro.

**Ví dụ 2:** Sắt  $\alpha$  ( $Fe_\alpha$ ) kết tinh trong mạng lưới lập phương tâm khối, nguyên tử có bán kính  $r = 1,24 \text{ \AA}$ .

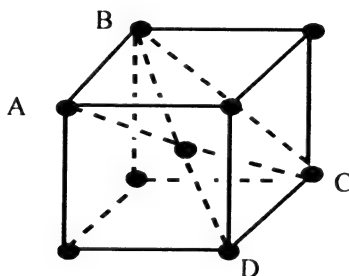
a) Hãy tính cạnh a của mỗi tế bào sơ đẳng và tỉ khối của sắt ( $Fe = 56$ )

b) Tính phần trăm thể tích không gian trống trong mạng tinh thể của  $Fe_\alpha$

**Giải**

a) Từ hình vẽ ta có:  $BC^2 = a^2 + a^2 = 2a^2 \Rightarrow AC^2 = BC^2 + AB^2 = 3a^2$

$$\Rightarrow AC = a\sqrt{3}$$



Xét theo đường chéo của hình lập phương, các nguyên tử xếp khít nhau nên:

$$AC = 4r = a\sqrt{3} \Rightarrow a = \frac{4r}{\sqrt{3}} = \frac{4 \cdot 1,24}{\sqrt{3}} = 2,86 \text{ \AA}$$

Mỗi tế bào có chứa 2 nguyên tử Fe do đó:

$$d = \frac{m}{v} = \frac{2 \cdot 56}{6,02 \cdot 10^{23} \cdot (2,86 \cdot 10^{-8})^3} = 7,95 \text{ (gam/cm}^3\text{)}$$

$$b) V_{kl} = 2 \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 = 2 \cdot \frac{4}{3} \cdot 3,1416 \cdot (1,24 \cdot 10^{-10})^3 = 1,6 \cdot 10^{-29} \text{ m}^3$$

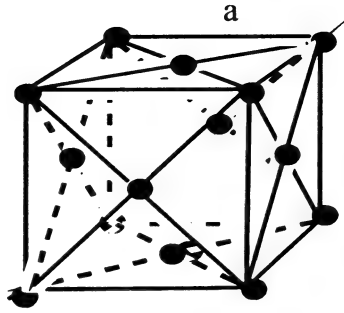
$$\text{Độ đặc khít} = \frac{1,6 \cdot 10^{-29}}{(2,86 \cdot 10^{-10})^3} = 0,6827 \text{ (} = 68,27\% \text{)}$$

$$\Rightarrow \text{Độ trống} = 100\% - 68,27\% = 31,72\%$$

### 3. Mạng lập phương tâm diện

Nếu ở tâm các mặt còn một đơn vị cấu trúc thì ta có mạng lưới tinh thể lập phương tâm diện.





Tế bào đơn vị mạng lập phương tâm diện

- Số nguyên tử trong một ô mạng cơ sở:  $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$  (nguyên tử)

• Tính độ đặc khít:

Xét một tế bào sơ đẳng mạng tinh thể lập phương tâm diện có cạnh =  $a \Rightarrow V_{tt} = a^3$ .  
Các nguyên tử kim loại xếp sát nhau. Xét theo đường chéo của mặt hình vuông:

$$4R = a\sqrt{2} \Rightarrow R = \frac{a\sqrt{2}}{4}$$

Thể tích choán chỗ của 4 nguyên tử:  $V_{NT} = 4 \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot \left(\frac{a\sqrt{2}}{4}\right)^3$

Vậy độ đặc khít của mạng tinh thể là:

$$\frac{V_{NT}}{V_{tt}} \cdot 100\% = \frac{4 \cdot \frac{4\pi}{3} \cdot \left(\frac{a\sqrt{2}}{4}\right)^3}{a^3} \cdot 100\% = 74\%$$

- Khối lượng riêng của kim loại:  $d = \frac{4m_{NT}}{V_{tt}} = \frac{4 \cdot M}{a^3 \cdot N_A}$  (gam/cm<sup>3</sup>)

Trong đó: M: Nguyên tử khối của kim loại (gam/mol)

a: Độ dài cạnh của tế bào sơ đẳng (cm<sup>3</sup>)

$N_A$ : Hằng số Avogadro ( $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}$  nguyên tử/mol).

**Ví dụ 3:** Thực nghiệm cho biết ở pha rắn, vàng (Au) có khối lượng riêng là 19,4 gam/cm<sup>3</sup> và có mạng lưới lập phương tâm diện. Độ dài cạnh của ô mạng đơn vị là  $4,070 \cdot 10^{-10}$  m. Khối lượng mol nguyên tử của Au là 196,97 gam/mol.

1. Tính phần trăm thể tích không gian trống trong mạng tinh thể của Au
2. Xác định số Avogadro ( $N_A$ )

**Giải**

a) Cạnh hình lập phương = khoảng cách hai đỉnh kề nhau =  $a = 4,070 \cdot 10^{-10}$  m.  
Khoảng cách từ đỉnh đến tâm mặt lập phương là nửa đường chéo của mỗi mặt

vuông:  $\frac{1}{2} \cdot \sqrt{a^2 + a^2} = \frac{a}{\sqrt{2}} < a$  đó là khoảng cách gần nhất giữa hai nguyên tử bằng hai lần bán kính của Au.

$$2r = \frac{a}{\sqrt{2}} \Rightarrow r = \frac{a}{2\sqrt{2}} = \frac{4,070 \cdot 10^{-10}}{2\sqrt{2}} = 1,439 \cdot 10^{-10} \text{ m}$$

- Thể tích của mỗi tế bào cơ sở:

$$V_{tt} = a^3 = (4,070 \cdot 10^{-10})^3 = 67,419143 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$$

- Thể tích Au trong mỗi tế bào cơ sở = Thể tích của 4 nguyên tử Au:

$$V_{Kl} = 4 \times \frac{4}{3} \pi r^3 = 4 \times \frac{4}{3} \times (3,1416) \times (1,439 \cdot 10^{-10})^3 = 49,927 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$$

- Độ đặc khít =  $\frac{V_{NT}}{V_{tt}} = \frac{49,927 \cdot 10^{-30}}{67,419143 \cdot 10^{-30}} = 0,74054 (= 74,054\%)$

$$\Rightarrow \text{Độ trống} = 100\% - 74,054\% = 25,946\%$$

b) Tính số Avogadro

- 1 mol Au chứa  $N_A$  nguyên tử Au có khối lượng 196,97 gam

$$\Rightarrow \text{Khối lượng của 1 nguyên tử Au} = \frac{196,97}{N_A}$$

- Ở pha rắn, khối lượng riêng của Au là

$$d = \frac{4m_{Au}}{V_{tt}} = \frac{4 \cdot 196,97}{a^3 \cdot N_A}$$

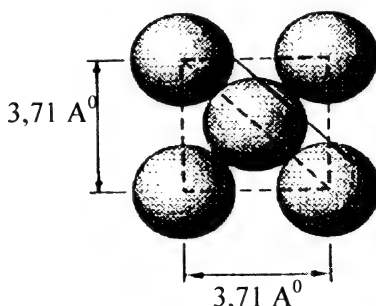
$$\Rightarrow N_A = \frac{4 \cdot 196,97}{a^3 \cdot d} = \frac{4 \cdot 196,97}{(4,070 \cdot 10^{-10})^3 \cdot 1,94 \cdot 10^6} = 6,02386 \cdot 10^{23}$$

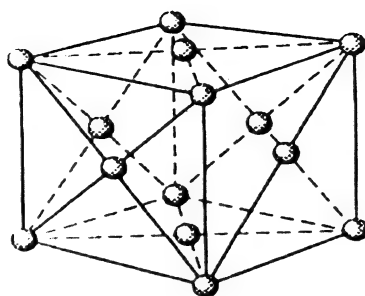
**Ví dụ 4:** Nguyên tố X là kim loại. Tế bào đơn vị (ô mạng cơ sở) lập phương tâm diện của tinh thể X, có cạnh  $3,71 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$ . Khối lượng riêng của nguyên tố này là  $3500 \text{ kg/m}^3$ .

1. Tính phần trăm thể tích của tế bào bị chiếm bởi các nguyên tử.
2. Xác định tên nguyên tố X.

Lấy số Avogadro  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  nguyên tử/mol

**Giải**





*Tế bào đơn vị mạng lập phương tâm diện*

a) Số nguyên tử trong một ô mạng cơ sở là:  $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$  (nguyên tử)

Các nguyên tử kim loại xếp khít nhau. Xét theo đường chéo của hình vuông:

$$4r = a\sqrt{2} \rightarrow r = \frac{a\sqrt{2}}{4}$$

- Thể tích của các nguyên tử trong ô mạng cơ sở là:  $V_{NT} = 4 \cdot \frac{4\pi r^3}{3} = \frac{\pi a^3 \sqrt{2}}{6}$

- Thể tích của một ô mạng cơ sở là:  $V_{TT} = a^3$

$\Rightarrow$  Phần trăm thể tích của tế bào bị chiếm bởi các nguyên tử là

$$\frac{V_{NT}}{V_{TT}} \cdot 100\% = \frac{\frac{\pi a^3 \sqrt{2}}{6}}{a^3} \cdot 100\% = \frac{50\sqrt{2} \cdot 3,14}{3} = 74,01\%$$

b) Khối lượng của 1 ô mạng cơ sở là:  $m_{NT} = \frac{4M_X}{N_A}$  (gam)

$\Rightarrow$  Khối lượng riêng của X:  $d = \frac{m_{NT}}{V_{TT}} = \frac{4M_X}{a^3 \cdot N_A}$

$$\Rightarrow M_X = \frac{a^3 \cdot d \cdot N_A}{4} = \frac{(3,71 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 3500 \cdot 10^{-3} \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{4} = 26,907 \text{ gam/mol}$$

$\Rightarrow$  Vậy X là Al

**Ví dụ 5:** Pin mặt trời chế tạo từ nguyên tố X có khả năng chuyển năng lượng ánh sáng mặt trời thành điện năng, cung cấp cho các thiết bị trên tàu vũ trụ. X có cấu trúc tinh thể lập phương tâm diện với cạnh a của ô mạng cơ sở bằng  $5,34 \text{ \AA}$ . Nếu

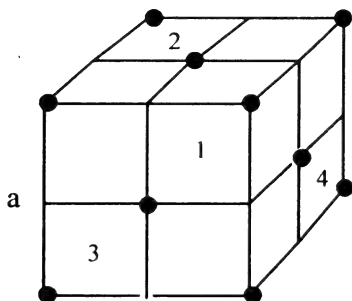
mỗi ô mạng cơ sở được chia thành 8 hình lập phương con với cạnh  $\frac{a}{2}$  thì có thêm

4 nguyên tử X chiếm 4 tâm của 4 hình lập phương con. Mỗi nguyên tử X trong tinh thể liên kết với 4 nguyên tử X gần nhau nhất bằng các obitan lai hoá  $sp^3$ . Khối lượng riêng của X là  $2,45 \text{ (gam/cm}^3\text{)}$ .

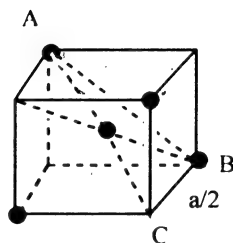
1. Tính phần trăm thể tích của tế bào bị chiếm bởi các nguyên tử.
2. Xác định tên nguyên tố X.

Lấy số Avogadro  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$  nguyên tử/mol

**Giải**



Ô mạng cơ sở



Hình lập phương con có nguyên tử X ở tâm

1. Số nguyên tử trong một ô mạng cơ sở là:  $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} + 4 = 8$  (nguyên tử)

Xét một hình lập phương con bất kì có tâm là nguyên tử X (chẳng hạn hình lập phương con 1). Theo qui ước nguyên tử ở tâm của hình lập phương con tiếp xúc với 4 nguyên tử ở đỉnh của hình này và chúng được coi là có dạng hình cầu.

$$\text{Ta có: } AC = 4r = \sqrt{AB^2 + BC^2} = \sqrt{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a\sqrt{3}}{2} \Rightarrow r = \frac{a\sqrt{3}}{8}$$

$$\text{- Thể tích của 8 nguyên tử: } V_{NT} = 8 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{32\pi}{3} \cdot \left(\frac{a\sqrt{3}}{8}\right)^3 = \frac{\sqrt{3}\pi a^3}{16}$$

$$\text{- Thể tích của một ô mạng cơ sở: } V_{TT} = a^3$$

$\Rightarrow$  Phần trăm thể tích của tế bào bị chiếm bởi các nguyên tử là

$$\frac{V_{NT}}{V_{TT}} \cdot 100\% = \frac{\frac{\pi a^3 \sqrt{3}}{16}}{a^3} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 3,14}{16} \cdot 100\% = 34\%$$

2. Khối lượng của 1 ô mạng cơ sở là

$$m_{NT} = \frac{8M_X}{N_A} \text{ (gam)}$$

$$\Rightarrow \text{Khối lượng riêng của X: } d = \frac{m_{NT}}{V_{TT}} = \frac{8M_X}{a^3 \cdot N_A}$$

$$\Rightarrow M_X = \frac{a^3 \cdot d \cdot N_A}{8} = \frac{(5,34 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 2,45 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{8} = 28,083 \text{ gam/mol}$$

$\Rightarrow$  Vậy X là silic (Si)

#### 4. Mạng lục phương

• *Tính số nguyên tử:*

Số nguyên tử trong một tế bào cơ sở =  $12 \cdot \frac{1}{6} + 2 \cdot \frac{1}{2} + 3 = 6$  (nguyên tử)

• *Tính độ đặc khít:*

Tứ giác ABCD là tứ giác đều cạnh  $a$ . Ta có:

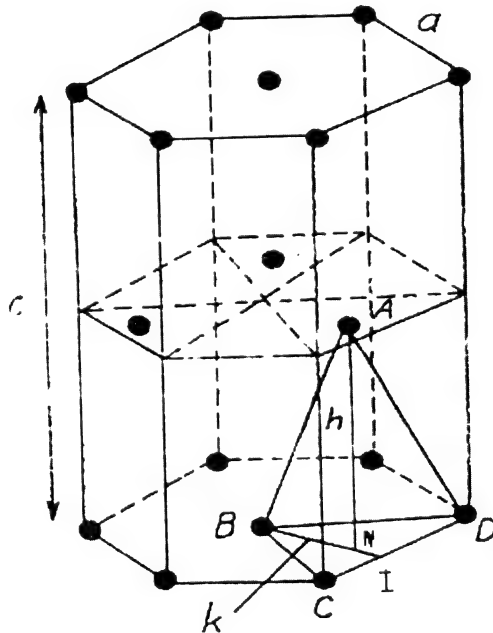
$$BN = k = \frac{2}{3} BI = \frac{2}{3} \cdot \frac{a\sqrt{3}}{2} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$AN = h = c/2 = \sqrt{AB^2 - BN^2} = \sqrt{a^2 - \left(\frac{a}{\sqrt{3}}\right)^2} = \frac{a\sqrt{2}}{\sqrt{3}} \Rightarrow c = \frac{2\sqrt{2}a}{\sqrt{3}}$$

$$\text{Suy ra: } V_{tt} = c \cdot S_{\text{đáy}} = \frac{2\sqrt{2}a}{\sqrt{3}} \cdot \frac{6a^2\sqrt{3}}{4} = 3\sqrt{2} \cdot a^3$$

$$V_c = 6 \cdot \frac{4}{3} \pi R^3 = 6 \cdot \frac{4}{3} \pi \cdot \left(\frac{a}{2}\right)^3 = \pi \cdot a^3$$

$$\text{Vậy độ đặc khít của mạng tinh thể} = \frac{V_c}{V_{tt}} = \frac{\pi \cdot a^3}{3\sqrt{2} \cdot a^3} = 0,74 \text{ (74\%)}$$

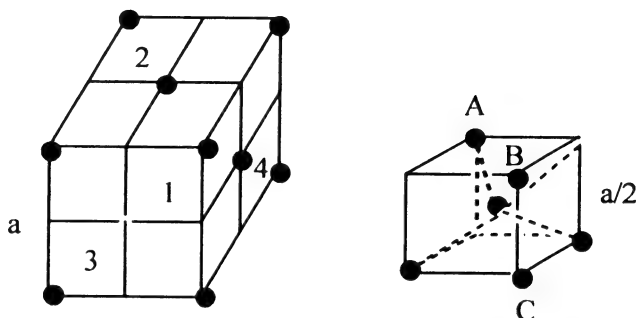


Ô mạng cơ sở

## C. BÀI TẬP

1. Nguyên tử của nguyên tố phi kim A có electron cuối cùng có bộ 4 số lượng tử thoả mãn  $m_l + l = 0$  và  $n + m_s = 1,5$ . Ion  $BA_3^{2-}$  và  $CA_3^{2-}$  lần lượt có 42 electron và 32 electron. Viết công thức cấu tạo và cho biết dạng hình học của hai ion  $A_3B^{2-}$  và  $A_3C^{2-}$ .
2. Mạng lưới tinh thể KBr có dạng lập phương tâm diện với thông số mạng  $a = 6,56\text{\AA}$ . Hãy tính khối lượng riêng của tinh thể KBr. Cho  $M_K = 39$ ;  $M_{Br} = 79,9$ ; Số Avogadro  $N_A = 6,023 \cdot 10^{23}$ .
3. Mô tả sự tạo thành liên kết và cấu trúc hình học của phân tử  $CH_4$ .
4. Cho ba phân tử có công thức phân tử dạng  $AB_3$ :  $BF_3$ ,  $NF_3$ ,  $IF_3$ . Hãy gán số liệu góc liên kết  $\widehat{BAB}$ :  $90^\circ$ ;  $107^\circ$  và  $120^\circ$  phù hợp với ba phân tử đã cho. Giải thích.
5. Mô tả sự tạo thành liên kết và cấu trúc phân tử  $AlCl_3$ ?
6. Mô tả sự tạo thành liên kết và cấu trúc phân tử  $BeH_2$ ?
7. Năng lượng liên kết của  $BF_3$  bằng  $646\text{ kJ/mol}$  còn của  $NF_3$  bằng  $280\text{ kJ/mol}$ . Giải thích sự khác biệt năng lượng liên kết này.
8. Trong hợp chất  $XY_2$ , X và Y là hai nguyên tố ở cùng một nhóm chính thuộc hai chu kì liên tiếp trong hệ thống tuần hoàn. Tổng số proton trong hạt nhân nguyên tử của X và Y là 24.
  - a) Viết cấu hình electron của X, Y và các ion  $X^{2-}$ ,  $Y^{2-}$ .
  - b) Viết công thức electron, công thức cấu tạo của hợp chất  $XY_2$  và cho biết phân tử đó có các loại liên kết nào?
9. a) Cho biết trạng thái lai hóa của các nguyên tử trung tâm trong các phân tử và ion sau:  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $NH_3$ ,  $HClO_3$ ,  $H_3PO_4$ . Cho biết phân tử hay ion có cực? Không có cực?
  - b) Cho biết kiểu lai hóa của các nguyên tử trung tâm trong các phân tử sau:  $PCl_5$ ,  $SO_2Cl_2$ ,  $ClF_3$ ,  $HNO_3$ . Viết công thức cấu tạo của các phân tử đó.
10. Trong máu cơ thể người có màu đỏ vì chứa hemoglobin (chất vận chuyển sắt). Máu của một số động nhuyển thể không có màu đỏ vì chứa một kim loại khác (X). Tế bào đơn vị (ô mạng cơ sở) lập phương tâm diện của tinh thể X, có cạnh  $3,62 \cdot 10^{-8}\text{ cm}$ . Khối lượng riêng của nguyên tử này là  $8920\text{ kg/m}^3$ .
  - a) Tính thể tích các nguyên tử trong một tế bào và phần trăm thể tích của tế bào bị chiếm chỗ bởi các nguyên tử.
  - b) Xác định nguyên tố X.
11. Kim cương có cấu trúc mạng tinh thể lập phương tâm diện với cạnh  $a$  của ô mạng cơ sở bằng  $3,567\text{\AA}$ . Ngoài ra, trong mỗi ô mạng cơ sở có thêm 4 nguyên tử cacbon chiếm 4 tâm của hình lập phương con 1; 2; 3; 4 (xem hình dưới). Nếu ô mạng cơ sở được chia thành 8 hình lập phương con với cạnh  $a/2$ . Mỗi nguyên tử cacbon trong tinh thể liên kết với 4 nguyên tử cacbon gần nhất. Khối lượng mol nguyên tử của cacbon là 12 gam.

- a) Tính độ đặc khít của mạng tinh thể kim cương.  
b) Tính khối lượng riêng của kim cương.



12. Đồng (Cu) kết tinh có dạng tinh thể lập phương tâm diện.

- Tính cạnh lập phương  $a(\text{\AA})$  của mạng tinh thể và khoảng cách ngắn nhất giữa hai tâm của hai nguyên tử đồng trong mạng, biết rằng nguyên tử đồng có bán kính bằng  $1,28 \text{\AA}$ .

- Tính khối lượng riêng  $d$  của Cu theo  $\text{g/cm}^3$ . (Cho  $\text{Cu} = 64$ ).

13. Từ nhiệt độ phòng đến  $1185\text{K}$  sắt tồn tại ở dạng  $\text{Fe}_\alpha$  với cấu trúc lập phương tâm khối, từ  $1185\text{K}$  đến  $1667\text{K}$  ở dạng  $\text{Fe}_\gamma$  với cấu trúc lập phương tâm diện. Ở

$293\text{K}$  sắt có khối lượng riêng  $d = 7,874\text{g/cm}^3$ .

a) Hãy tính bán kính của nguyên tử Fe.

b) Tính khối lượng riêng của sắt ở  $1250\text{K}$  (bỏ qua ảnh hưởng không đáng kể do sự giãn nở nhiệt)

c) Thép là hợp kim của sắt và cacbon, trong đó một số khoảng trống giữa các nguyên tử sắt bị chiếm bởi nguyên tử cacbon. trong lò luyện thép (lò thổi) sắt dễ nóng chảy khi chứa  $4,3\%$  cacbon về khối lượng. Nếu được làm lạnh nhanh thì các nguyên tử cacbon vẫn được phân tán trong mạng lưới lập phương tâm khối, hợp kim được gọi là martensite cứng và giòn. Kích thước của tế bào sơ đẳng của  $\text{Fe}_\alpha$  không đổi. Hãy tính số nguyên tử trung bình của C trong mỗi tế bào sơ đẳng của  $\text{Fe}_\alpha$  với hàm lượng của C là  $4,3\%$ .

d) Hãy tính khối lượng riêng của martensite.

(cho  $\text{Fe} = 55,847$ ;  $\text{C} = 12,011$ ; số  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23}$ )

14. a) Sử dụng phương pháp VB hãy giải thích ion phức  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  có cấu trúc bát diện đều và thuận từ.

b) Cho biết trạng thái lai hoá của các nguyên tử trung tâm và dạng hình học của mỗi phân tử hay ion sau:  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{TeBr}_4$  và  $\text{NO}_2^+$ .

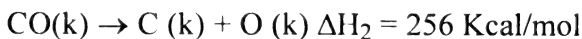
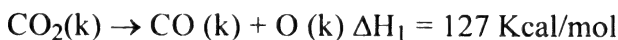
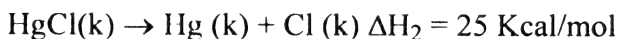
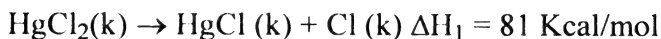
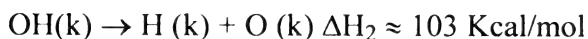
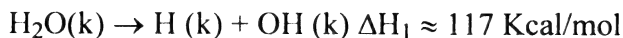
15. Vì sao nước đá lại nhẹ hơn nước lỏng ?

16. Momen lưỡng cực của liên kết C-Cl bằng  $1,6\text{D}$ . Triclo- benzen  $\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3$  có momen lưỡng cực = 0. Hãy chỉ rõ cấu tạo của đồng phân này? Nêu cấu tạo của đồng phân  $\text{C}_6\text{H}_3\text{Cl}_3$  có momen lưỡng cực lớn nhất và tính momen đó.

17. Axit flohidric là một axit yếu nhất trong các axit HX nhưng lại tạo được muối axit còn các axit khác thì không có khả năng này ?
18. B và Al là hai nguyên tố kề nhau ở phân nhóm IIIA. Tại sao có phân tử  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  nhưng không có phân tử  $\text{B}_2\text{Cl}_6$  ?
19. a) Viết cấu trúc Lewis của  $\text{NO}_2$  và nêu dạng hình học của nó. Dự đoán dạng hình học của ion  $\text{NO}_2^-$  và ion  $\text{NO}_2^+$ . So sánh hình dạng của 2 ion với  $\text{NO}_2$ .  
b) Năng lượng liên kết của  $\text{BF}_3 = 646 \text{ kJ/mol}$  còn của  $\text{NF}_3$  chỉ  $= 280 \text{ kJ/mol}$ . Giải thích sự khác biệt về năng lượng liên kết này.  
c) Điểm sôi của  $\text{NF}_3 = -129^\circ\text{C}$  còn của  $\text{NH}_3 = -33^\circ\text{C}$ . Amoniac tác dụng như một bazơ Lewis còn  $\text{NF}_3$  thì không. Momen lưỡng cực của  $\text{NH}_3 = 1,46\text{D}$  lớn hơn nhiều so với của  $\text{NF}_3 = 0,24\text{D}$  mặc dù độ âm điện của F lớn hơn nhiều so với H. Hãy giải thích.
20. a) Tại sao trong các phân tử  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NH}_3$  các góc liên kết  $\widehat{\text{HOH}}$  ( $104,29^\circ$ ) và  $\widehat{\text{HNH}}$  ( $107^\circ$ ) lại nhỏ hơn góc tứ diện ( $109^\circ,28'$ ).  
b) Xét 2 phân tử  $\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{H}_2\text{S}$  tại sao góc  $\widehat{\text{HSH}}$  ( $92^\circ15'$ ) lại nhỏ hơn  $\widehat{\text{HOH}}$  ( $104^\circ29'$ ).  
c) Xét 2 phân tử  $\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{F}_2\text{O}$  tại sao góc  $\widehat{\text{FOF}}$  ( $103^\circ15'$ ) lại nhỏ hơn  $\widehat{\text{HOH}}$  ( $104^\circ29'$ ).
21. Vì sao nước đá lại nhẹ hơn nước lỏng ?
22. B và Al là hai nguyên tố kề nhau ở phân nhóm IIIA. Tại sao có phân tử  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$  nhưng không có phân tử  $\text{B}_2\text{Cl}_6$  ?
23. Hãy vẽ rõ ràng dạng hình học của 3 anion  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ ,  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$  và cấu trúc của phân tử  $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$ . Ghi đúng kí hiệu lập thể và giải thích.
24. Hãy cho biết cấu trúc hình học của các phân tử sau: (nêu rõ trạng thái lai hóa của nguyên tố trung tâm)  
 $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $\text{SF}_6$ ,  $[\text{FeF}_6]^{3-}$ ,  $\text{PtCl}_6^{2-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ .
25. a) Đối với những hợp chất tương tự thì những hợp chất có khối lượng phân tử lớn thường có nhiệt độ sôi cao, vậy tại sao  $\text{H}_2\text{S}$  lại có nhiệt độ sôi thấp ( $61^\circ\text{C}$ ) hơn nước ( $100^\circ\text{C}$ )?  
b) So sánh với  $\text{NH}_4\text{OH}$  thì  $\text{NH}_3$  có tính bazơ mạnh hơn hay yếu hơn, tại sao ?
26. Clobenzen có  $\mu_1 = 1,53\text{D}$ , anilin có  $\mu_2 = 1,6\text{D}$ . Hãy tính  $\mu$  của o-cloanilin, m-cloanilin và p-cloanilin.
27. Khi nghiên cứu cấu trúc của  $\text{PCl}_5(\text{r})$ ,  $\text{PBr}_5(\text{r})$  ở trạng thái tinh thể bằng tia X người ta thấy:  
a)  $\text{PCl}_5$  gồm các ion  $[\text{PCl}_4]^+$ ;  $[\text{PCl}_6]^-$  phân bố trong tinh thể.  
b)  $\text{PBr}_5$  gồm các ion  $[\text{PBr}_4]^+$ ;  $\text{Br}^-$ .  
Hãy cho biết cấu trúc không gian của các phân tử và giải thích tại sao có sự khác nhau trên ?



28. Bằng thực nghiệm người ta đã xác định được:

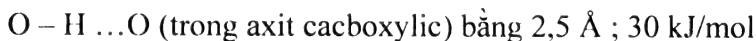
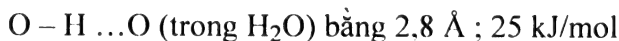


Hãy giải thích các kết quả này.

29. Xác định momen lưỡng cực (D)  $\mu_{\text{Cl}}$  và  $\mu_{\text{NO}_2}$  trong các dẫn xuất thế 2 lần của nhân benzen sau: 1,2 – đinitrobenzen ( $\mu = 6,6 \text{ D}$ ); 1,3 – điclobenzen ( $\mu = 1,5 \text{ D}$ ); para – nitrotoluen ( $\mu = 4,4 \text{ D}$ ); nitrobenzen ( $\mu = 4,2 \text{ D}$ ).

30. Sự hình thành liên kết, hình dạng và từ tính của các phức  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  và  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$  có khác nhau không? Giải thích. Biết rằng tương tác giữa  $\text{Ni}^{2+}$  với  $\text{CN}^-$  mạnh hơn so với  $\text{Cl}^-$ .

31. Cho các đặc trưng về độ dài liên kết hidro và năng lượng hình thành nó như sau:



Giải thích vì sao cùng là liên kết hidro mà trong 2 trường hợp lại khác nhau?

32. Hãy cho biết: cấu tạo lewis; dạng lai hóa (nếu có); hình dạng phân tử theo mô hình VSEPR; mô men lưỡng cực của mỗi phân tử sau:  $\text{SF}_4$ ;  $\text{HClO}_2$ ;  $\text{HOCl}$ ;  $\text{ICl}_4^-$ ;  $\text{IF}_7$ ;  $\text{BrF}_5$ ;  $\text{HNO}_3$ ;  $\text{C}_2\text{H}_6$ .

33. Xác định trạng thái lai hoá của nguyên tử trung tâm và dạng hình học trong không gian của các ion  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{ClO}_2^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$  và  $\text{ClO}_4^-$ , từ đó so sánh độ bền của 4 ion.

34. Muối  $\text{LiCl}$  kết tinh theo mạng lập phương tâm diện. Ô mạng cơ sở có độ dài cạnh là  $5,14 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ . Giả thiết ion  $\text{Li}^+$  nhỏ tới mức có thể xảy ra tiếp xúc anion-anion và ion  $\text{Li}^+$  được xếp khít vào khe giữa các ion  $\text{Cl}^-$ .

a) Hãy vẽ hình một ô mạng cơ sở tinh thể  $\text{LiCl}$ .

b) Tính độ dài bán kính của mỗi ion  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  trong mạng tinh thể.

36. Cho các phân tử, ion:  $\text{XeF}_2$ ,  $\text{XeO}_2\text{F}_2$ ,  $\text{CN}_2^{2-}$ ,  $\text{NFO}$ .

Viết công thức cấu tạo Lewis cho từng phân tử, ion.

Áp dụng quy tắc đẩy giữa các cặp electron hoá trị, hãy dự đoán cấu trúc hình học của các phân tử, ion đó. Hãy cho biết kiểu lai hoá của nguyên tử trung tâm trong mỗi phân tử, ion nói trên.

37. Thực nghiệm xác định momen lưỡng cực của phân tử  $\text{H}_2\text{O}$  là  $1,85 \text{ D}$ , góc liên kết  $\text{HOH}$  là  $104,5^\circ$ , độ dài liên kết  $\text{O-H}$  là  $0,0957 \text{ nm}$ . Tính độ ion của liên kết  $\text{O-H}$  trong phân tử nước (bỏ qua momen tạo ra do các cặp electron hoá trị

không tham gia liên kết của oxi). Cho biết:  $1D = 3,33.10^{-30}$  Cm; điện tích của electron là  $-1,6.10^{-19}$ C.

38. Xây dựng giản đồ năng lượng MO đối với CO và O<sub>2</sub>. Viết cấu hình electron, tính độ bội liên kết, xác định từ tính của mỗi chất.

39. Cho các phân tử XeF<sub>4</sub>, XeOF<sub>4</sub>.

- Viết công thức Lewis cho từng phân tử.

- Áp dụng quy tắc đẩy giữa các cặp electron hoá trị, dự đoán cấu trúc hình học của các phân tử đó.

Hãy cho biết kiểu lai hoá của nguyên tử trung tâm trong mỗi phân tử trên.

40. Sử dụng thuyết liên kết hoá trị (VB) để giải thích dạng hình học, từ tính của các phức chất sau:  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$ ,  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ .

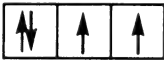
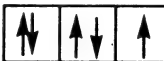

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI

1. Trường hợp 1:  $m_s = 1/2 \Rightarrow n = 1$ ;  $l = 0$ ;  $m_l = 0 \Rightarrow 1s^1 \Rightarrow A$  là H (loại)

Trường hợp 2:  $m_s = -1/2 \Rightarrow n = 2 \Rightarrow l = 1$  hoặc  $l = 0$

+ Nếu  $l = 0 \Rightarrow m_l = 0 \Rightarrow ..2s^2 \Rightarrow A$  là Be (loại)

+ Nếu  $l = 1 \Rightarrow m_l = -1$ ;  $0$ ;  $+1$

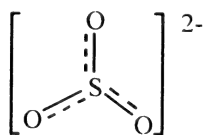
$m_l$	-1	0	+1
Cấu hình electron phân lớp ngoài cùng	$...2p^4$  -1    0    +1	$...2p^5$  -1    0    +1	$...2p^6$  -1    0    +1
Nguyên tố A	O (nhận)	F (loại)	Ne (loại)

Vậy A là O.

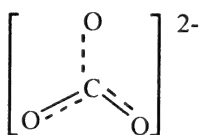
•  $\text{BA}_3^{2-}$ :  $Z_B + 8.3 + 2 = 42 \Rightarrow Z_B = 16$  (S)  $\Rightarrow \text{BA}_3^{2-}$  là  $\text{SO}_3^{2-}$ .

•  $\text{CA}_3^{2-}$ :  $Z_C + 8.3 + 2 = 32 \Rightarrow Z_C = 6$  (C)  $\Rightarrow \text{CA}_3^{2-}$  là  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Cả  $\text{SO}_3^{2-}$  và  $\text{CO}_3^{2-}$  đều có cấu trúc phẳng.



S lai hoá  $sp^2$ .

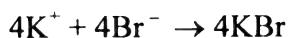


C lai hoá  $sp^2$ .

2. KBr có cấu trúc mạng lập phương tâm diện nên trong một ô mạng cơ sở số ion  $\text{K}^+$  = số ion  $\text{Br}^-$  = số phân tử KBr.

$$\text{Số ion Br}^- = 8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$$

$$\text{Số ion K}^+ = 12 \cdot \frac{1}{4} + 1 = 4$$



- Khối lượng một ô mạng cơ sở là:

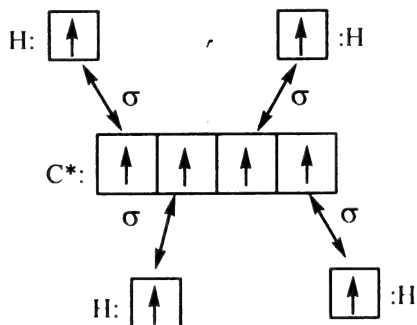
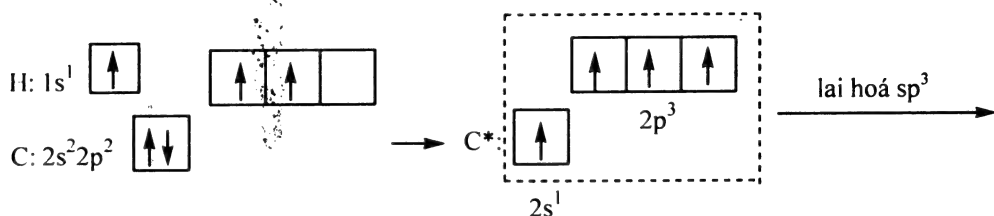
$$m = \frac{4M_{KBr}}{N_A} = \frac{4(39 + 79,9)}{6,023 \cdot 10^{23}} = 78,964 \cdot 10^{-23} \text{ gam}$$

- Thể tích của một ô mạng cơ sở là:  $V = a^3 = (6,56 \cdot 10^{-8})^3 = 282,3 \cdot 10^{-24} \text{ (cm}^3\text{)}$

Vậy khối lượng riêng của tinh thể KBr là

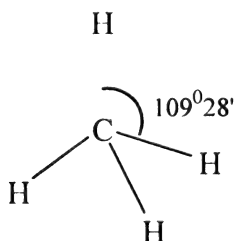
$$d = \frac{m}{V} = \frac{78,964 \cdot 10^{-23}}{282,3 \cdot 10^{-24}} = 2,797 \text{ (gam / cm}^3\text{)}$$

3.



Ở trạng thái kích thích nguyên tử C lai hoá  $sp^3$ . 4 AO lai hoá  $sp^3$  hướng tới 4 đỉnh của một tứ diện đều tại đó nó xen phủ với 4  $AO_{1s}$  chứa 1 electron độc thân của 4 nguyên tử H tạo ra 4 liên kết  $\sigma$ . Góc liên kết  $HCH = \text{góc lai hoá} = 109^\circ 28'$ . Phân tử có cấu trúc tứ diện đều.

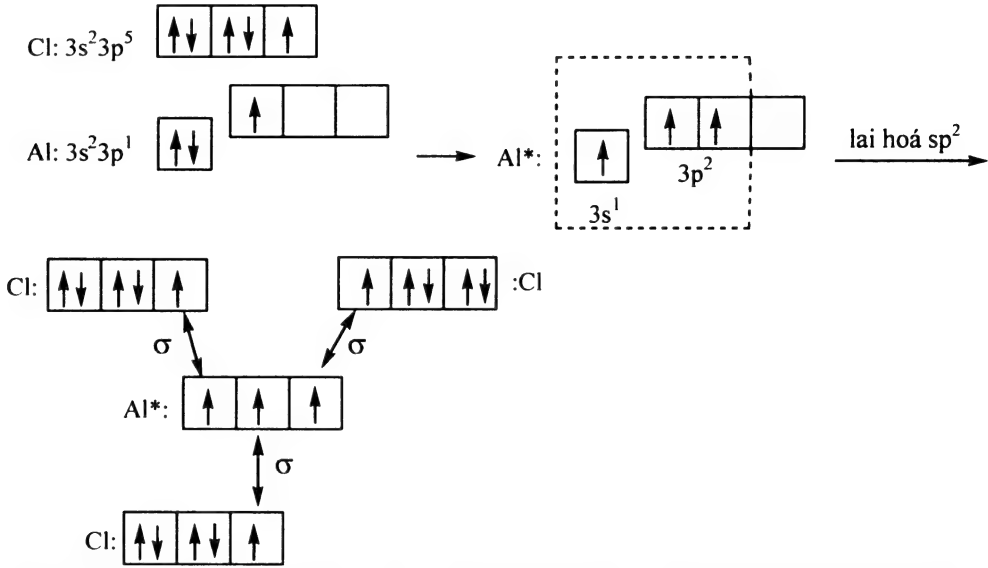
Công thức cấu tạo:



4. - Nguyên tử B lai hoá  $sp^2 \Rightarrow BF_3$  có cấu trúc tam giác phẳng, góc liên kết  $\widehat{FBF}$  là  $120^\circ$

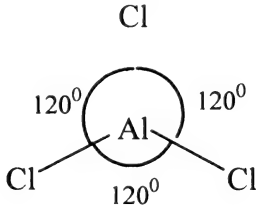
- Nguyên tử N lai hoá  $sp^3 \Rightarrow NF_3$  có cấu trúc tháp tam giác, góc liên kết  $\widehat{FNF}$  lẽ ra  $109^{\circ}28'$  nhưng do cặp electron liên kết của N-F bị hút về phía F nên cặp electron không liên kết của N dễ tương tác đẩy với cặp electron liên kết  $\Rightarrow \widehat{FNF} = 107^{\circ}$
- Nguyên tử I lai hoá  $sp^3d \Rightarrow IF_3$  có cấu trúc hình chữ T, do cặp electron liên kết của F-I bị hút về phía F nên 2 cặp electron không liên kết của I dễ tạo tương tác đẩy với những cặp electron liên kết  $\Rightarrow \widehat{FIF} = 90^{\circ}$

5.

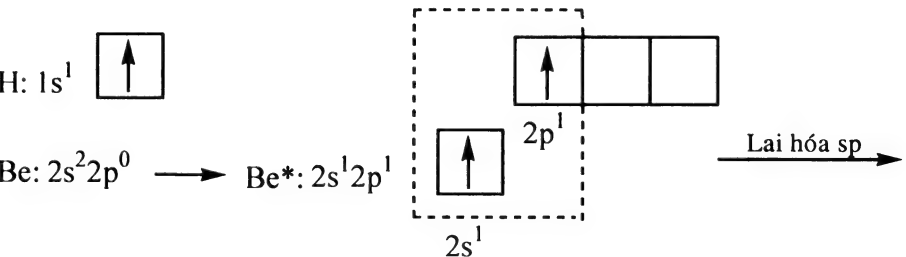


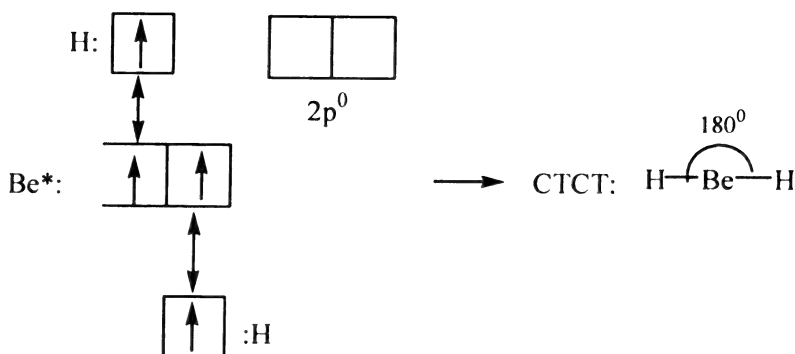
Sự tổ hợp 1  $AO_{3s}$  với 2  $AO_{3p}$  tạo ra 3 AO lai hoá  $sp^2$  hướng tới 3 đỉnh của một tam giác đều. Tại đây chúng xen phủ với 3  $AO_{3p}$  chứa 3 electron độc thân của 3 nguyên tử Cl tạo 3 liên kết  $\sigma$ . Góc liên kết = góc lai hoá =  $120^{\circ}$ . Phân tử có cấu trúc tam giác phẳng.

Công thức cấu tạo:



6.





Ở trạng thái kích nguyên tử Be lai hoá sp. Hai obitan lai hoá sp nằm đối xứng nhau trên một đường thẳng. Tại đó chúng xen phủ với  $2\text{AO}_{1s}$  chứa 2e độc thân của hai nguyên tử H tạo hai liên kết  $\sigma$ . Góc liên kết = góc lai hoá =  $180^\circ$ .

7.  $\text{NF}_3$  có N lai hoá  $\text{sp}^3$ , còn  $\text{BF}_3$  có B lai hoá  $\text{sp}^2$ , trong đó có một phần liên kết  $\pi$  tạo bởi sự xen phủ  $\text{AO}_p$  chưa liên kết của F với  $\text{AO}_p$  còn trống của B nên liên kết B-F bền hơn. Vì vậy năng lượng cao hơn.

8. a) Gọi  $Z_X, Z_Y$  là số proton trong hạt nhân nguyên tử của X và Y. Ta có:

$$Z_X + Z_Y = 24 \quad (1)$$

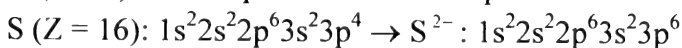
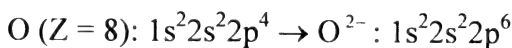
$$\Rightarrow \bar{Z} = \frac{24}{2} = 12 \Rightarrow X, Y \text{ thuộc chu kì nhỏ}$$

Theo đề ra, X và Y là hai nguyên tố ở cùng một nhóm chính thuộc hai chu kì liên tiếp trong hệ thống tuần hoàn nên chúng cách nhau 8 ô.

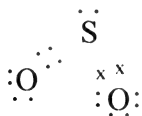
$$Z_Y - Z_X = 8 \quad (2)$$

Giải hệ (1) (2)  $\Rightarrow Z_X = 8$  (O);  $Z_Y = 16$  (S)

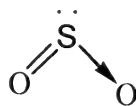
• Cấu hình electron:



b)  $\text{XY}_2$  là  $\text{SO}_2$



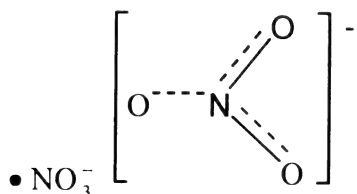
Công thức electron



Công thức cấu tạo

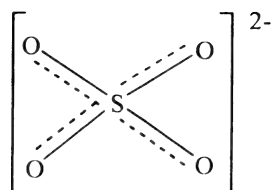
$\Rightarrow$  Trong phân tử  $\text{SO}_2$  có liên cộng hóa trị có cực và liên kết cho - nhận.

9. a)



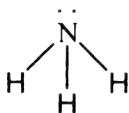
- Nguyên tử trung tâm N: lai hóa  $\text{sp}^2$
- Ion có cực

•  $\text{SO}_4^{2-}$



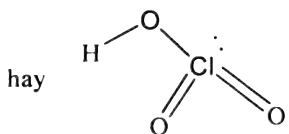
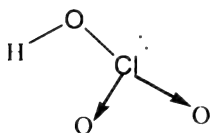
- Nguyên tử trung tâm S: lai hóa  $\text{sp}^3$
- Ion không có cực

•  $\text{NH}_3$



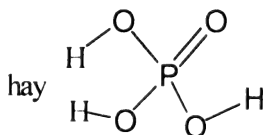
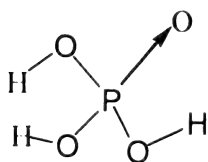
- Nguyên tử trung tâm N: lai hóa  $\text{sp}^3$
- Phân tử có cực

•  $\text{HClO}_3$



- Nguyên tử trung tâm Cl: lai hóa  $\text{sp}^3$
- Phân tử có cực

•  $\text{H}_3\text{PO}_4$



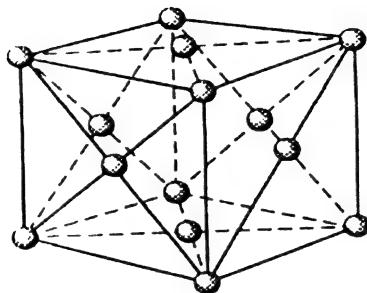
- Nguyên tử trung tâm P: lai hóa  $\text{sp}^3$
- Phân tử có cực

b)

Phân tử	Trạng thái lai hóa của nguyên tử trung tâm	Công thức cấu tạo
$\text{PCl}_5$	P: lai hóa $\text{sp}^3\text{d}$	
$\text{SO}_2\text{Cl}_2$	S: lai hóa $\text{sp}^3$	
$\text{ClF}_3$	Cl: lai hóa $\text{sp}^3\text{d}$	

HNO <sub>3</sub>	N: lai hóa sp <sup>2</sup>	
------------------	----------------------------	--

10. a)



Ô mạng cơ sở

Số nguyên tử trong một ô mạng cơ sở:  $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4$  (nguyên tử)

Thể tích choán chỗ của các nguyên tử trong ô mạng cơ sở:  $V_{NT} = 4 \cdot \frac{4\pi R^3}{3}$  (\*)

Xét theo đường chéo của hình vuông trong mỗi mặt của hình lập phương. Các nguyên tử xếp sát nhau nên:

$$4R = \sqrt{a^2 + a^2} = a\sqrt{2} \Rightarrow R = \frac{a\sqrt{2}}{4}$$

Thay R vào (\*) ta được:

$$V_{NT} = \frac{16\pi}{3} \cdot \left(\frac{a\sqrt{2}}{4}\right)^3 = \frac{\sqrt{2}\pi a^3}{6} = \frac{(3,62 \cdot 10^{-8})^3 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,14}{6} = 3,51 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

Thể tích của ô mạng cơ sở:  $V_{TT} = a^3$

$\Rightarrow$  Phần trăm thể tích của tế bào bị chiếm bởi các nguyên tử là:

$$\frac{V_{NT}}{V_{TT}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{2}\pi a^3}{6a^3} \cdot 100\% = 74\%$$

b) Khối lượng riêng của nguyên tố X:

$$d = \frac{4m_{NT}}{V_{TT}} = \frac{4 \cdot M_X}{a^3 \cdot N_A}$$

$$\Rightarrow M_X = \frac{a^3 \cdot N_A \cdot d}{4} = \frac{(3,62 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 8,92 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}}{4} = 64 \text{ (Cu)}$$

11.

a) Số nguyên tử trong một ô mạng cơ sở là:  $8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} + 4 = 8$  (nguyên tử)

Xét một hình lập phương con bất kì có tâm là nguyên tử cacbon (chẳng hạn hình lập phương con 1). Theo qui ước nguyên tử ở tâm của hình lập phương con tiếp xúc với 4 nguyên tử ở đỉnh của hình này và chúng được coi là có dạng hình cầu.

$$\text{Ta có: } AC = 4r = \sqrt{AB^2 + BC^2} = \sqrt{\left(\frac{a\sqrt{2}}{2}\right)^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} = \frac{a\sqrt{3}}{2} \Rightarrow r = \frac{a\sqrt{3}}{8}$$

$$\text{- Thể tích của 8 nguyên tử: } V_{NT} = 8 \cdot \frac{4}{3} \pi r^3 = \frac{32\pi}{3} \cdot \left(\frac{a\sqrt{3}}{8}\right)^3 = \frac{\sqrt{3}\pi a^3}{16}$$

$$\text{- Thể tích của một ô mạng cơ sở: } V_{TT} = a^3$$

$\Rightarrow$  Độ đặc khít của mạng tinh thể kim cương:

$$\frac{V_{NT}}{V_{TT}} \cdot 100\% = \frac{\frac{\pi a^3 \sqrt{3}}{16}}{a^3} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{3} \cdot 3,14}{16} \cdot 100\% = 34\%$$

$$\text{b) Khối lượng của 1 ô mạng cơ sở là: } m_{NT} = \frac{8M_C}{N_A} \text{ (gam)}$$

$\Rightarrow$  Khối lượng riêng của X:

$$d = \frac{m_{NT}}{V_{TT}} = \frac{8M_C}{a^3 \cdot N_A} = \frac{8 \cdot 12}{(3,567 \cdot 10^{-8})^3 \cdot 6,022 \cdot 10^{23}} = 3,51 \text{ (gam / cm}^3\text{)}$$

12. Theo hình vẽ ta thấy đường chéo mặt bên  $AC = 4r$  của Cu

Mặt khác,  $AC = a\sqrt{2}$  (a là cạnh hình vuông hay còn gọi là hằng số mạng) nên

$$a = \frac{AC}{\sqrt{2}} = \frac{4r_{Cu}}{\sqrt{2}} = \frac{4 \cdot 1,28 \text{ \AA}}{\sqrt{2}} = 3,63 \text{ \AA}$$

$$\text{* Khoảng cách ngắn nhất giữa 2 tâm của 2 nguyên tử} = \frac{AC}{2} = 2,55 \text{ \AA}$$

$$\text{* Một tế bào cơ sở của Cu chứa } 8 \cdot \frac{1}{8} + 6 \cdot \frac{1}{2} = 4 \text{ nguyên tử Cu.}$$

$$1 \text{ mol Cu có khối lượng} = 64 \text{ gam, thể tích } 1 \text{ mol} = \frac{a^3 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{4}$$

$$(1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}) \text{ nên } d = \frac{64 \cdot 4}{6,023 \cdot 10^{23} \cdot (3,63 \cdot 10^{-8})^3} = 8,88 \text{ g/cm}^3$$

13. Ở 293K sắt tồn tại ở dạng  $Fe_\alpha$  với cấu lập phương tâm khối.

Mỗi tế bào cơ sở có chứa 2 nguyên tử Fe. Do đó:

$$d = \frac{m}{V} = \frac{2 \times 55,847}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot a^3} = 7,874 \Rightarrow a = \sqrt[3]{\frac{2 \times 55,847}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot 7,874}} = 2,867 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$



Đường chéo của hình lập phương có độ dài  $= 4r = a\sqrt{3}$

$$\Rightarrow r = \frac{a\sqrt{3}}{4} = 1,241 \cdot 10^{-8} \text{ cm} = 1,241 \text{ \AA}$$

b) Ở 1250K sắt tồn tại ở dạng  $\text{Fe}_\gamma$  có cấu trúc lập phương tâm diện. Khi đó đường chéo của một hình vuông  $= a'\sqrt{2} = 4r$

$$\Rightarrow a' = \frac{4r}{\sqrt{2}} = \frac{4 \cdot 1,241}{\sqrt{2}} = 3,511 \text{ \AA} = 3,511 \cdot 10^{-8} \text{ cm}$$

• Mỗi tế bào cơ sở có chứa 4 nguyên tử  $\text{Fe}_\gamma$ .

Vậy khối lượng riêng của Fe ở 1250K là:

$$d' = \frac{m}{V'} = \frac{4 \cdot 55,847}{6,022 \cdot 10^{23} \cdot (3,511 \cdot 10^{-8})^3} = 8,572 \text{ gam/cm}^3$$

c) Trong 100 gam martensite có:

$$4,3 \text{ gam C tức là có: } \frac{4,3}{12,011} = 0,36 \text{ mol C}$$

$$(100 - 4,3) = 95,7 \text{ gam Fe tức là có: } \frac{95,7}{55,847} = 1,71 \text{ mol Fe}$$

$$\text{Điều có nghĩa là ứng với 1 mol nguyên Fe có: } \frac{0,36}{1,71} = 0,21 \text{ mol nguyên tử C.}$$

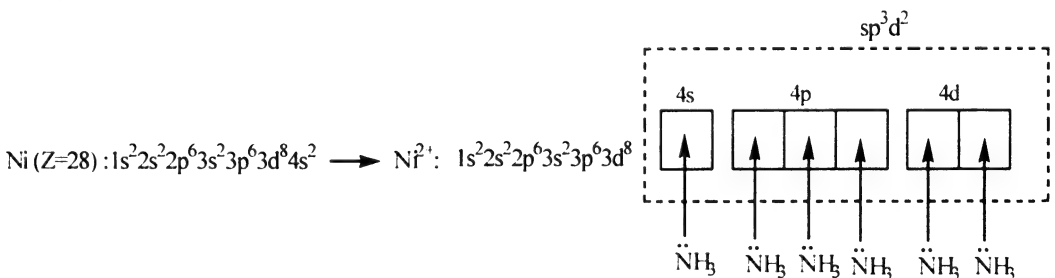
Mỗi tế bào cơ sở của  $\text{Fe}_\alpha$  có chứa 2 nguyên tử Fe tức là trung bình có chứa  $2 \times 0,21 = 0,42$  nguyên tử C.

Vì nguyên tử không chia rẽ nên một cách hợp lý hơn ta nói cứ 12 tế bào cơ sở có  $0,42 \times 12 = 5$  nguyên tử C.

$$\text{d) Ta có: } m = \frac{2 \cdot 55,847 + 12,011 \times 0,42}{6,022 \cdot 10^{23}} = 1,938 \cdot 10^{-22} \text{ gam}$$

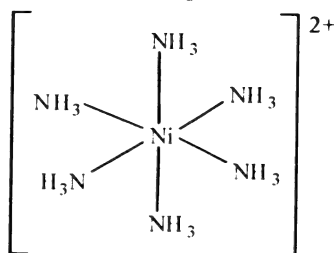
$$\Rightarrow d = \frac{m}{V} = \frac{1,938 \cdot 10^{-22}}{(2,867 \cdot 10^{-8})^3} = 8,228 \text{ (gam/cm}^3\text{)}$$

14. a)



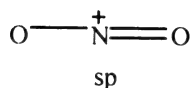
Nguyên tử trung tâm Ni lai hoá  $sp^3d^2$  với cấu trúc bát diện đều.

Khi hình thành cation phức  $[\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  có sự tạo thành 6 liên kết  $\sigma_{\text{cho-nhận}}$  giữa 6 AO lai hoá trống với 6 phối tử  $\text{NH}_3$  chứa 6 cặp electron chưa tham gia liên kết.

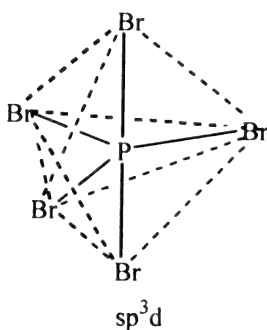


Vì lai hoá ngoài nên  $\text{Ni}^{2+}$  có 2 electron độc thân trên phân lớp 3d  
 $\Rightarrow [\text{Ni}(\text{NH}_3)_6]^{2+}$  là ion phức thuận từ.

b)

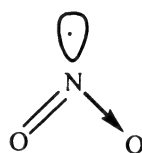


Dạng đường  
thẳng



$sp^3d$

Dạng chóp tam giác

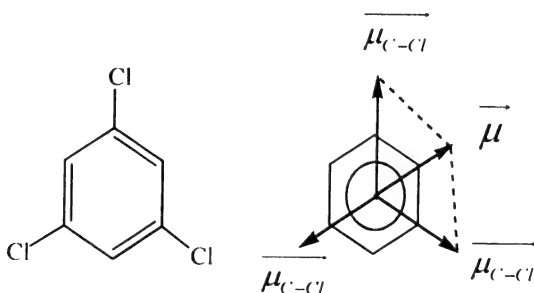


$sp^2$

Dạng góc

15. Do có liên kết cầu Hidro nên nước đá có cấu trúc đặc biệt (các nguyên tử oxi nằm ở tâm và 4 đỉnh của 1 tứ diện đều). Mỗi nguyên tử H liên kết với chính 1 nguyên tử oxi và liên kết cầu hidro với 1 nguyên tử oxi khác. Cấu trúc này xốp nên tỉ khối nhỏ. Khi tan thành nước lỏng, cấu trúc này bị phá vỡ nên thể tích giảm  $\Rightarrow$  tỉ khối tăng lên.

16. Momen lưỡng cực của một phân tử là tổng vector của



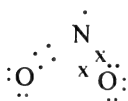
các momen lưỡng cực của các orbital phân tử khác nhau. Các MO phải xét ở đây là các MO của các liên kết C-Cl. Do tính đối xứng, đồng phân có momen lưỡng cực = 0 là 1,3,5-triclobenzen.

Đồng phân có momen lưỡng cực lớn nhất là 1,2,3-triclobenzen. Momen lưỡng cực này  $\mu = 3,2D$

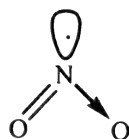
17. Một phần vì năng lượng liên kết H—F rất lớn, một phần vì khi tan trong nước ion  $F^-$  tương tác với phân tử HF tạo ra ion phức  $HF_2^-$ . Do 1 phần phân tử HF liên kết tạo ra  $HF_2^-$  nên hàm lượng tương đối của ion  $H_3O^+$  không lớn  $\Rightarrow$  HF có tính axit yếu. Đồng thời dung dịch HF có các ion dạng  $HF_2^-$ ,  $H_2F_3^-$ ,  $H_3F_4^-$ ... khi trung hòa tạo ra các muối axit như  $KHF_2$ ,  $KH_2F_3$ ...

18. Để có được cơ cấu bền vững hơn ở trạng thái không nước,  $AlCl_3$  có khuynh hướng dime hoá, do hiệu ứng lập thể mà phân tử  $BCl_3$  không có khuynh hướng này. Vì kích thước của nguyên tử B quá nhỏ nên sự có mặt của 4 nguyên tử clo có thể tích tương đối lớn, quanh nó sẽ gây ra tương tác đẩy nhau lớn làm cho phân tử không bền vững.

19. a) .



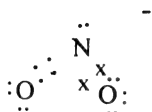
Công thức electron



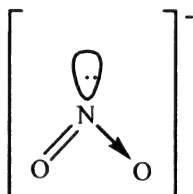
Công thức cấu tạo

N lai hoá  $sp^2$

Dạng góc



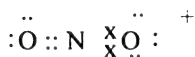
Công thức electron



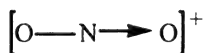
Công thức cấu tạo

N lai hoá  $sp^2$

Dạng góc



Công thức electron



Công thức cấu tạo

N lai hoá sp

Dạng thẳng

b)  $NF_3$  có N lai hóa  $sp^3$  (dạng tháp), còn  $BF_3$  có B lai hóa  $sp^2$  trong đó có một phân liên kết  $\pi$  cho tạo bởi xen phủ AOp chưa liên kết của F với AOp còn trống của B  $\Rightarrow$  liên kết B—F bền hơn nên năng lượng liên kết của  $BF_3$  lớn hơn so với của  $NF_3$ .

c) - Độ âm điện lớn của F làm giảm tính bazơ của N trong  $NF_3$ .

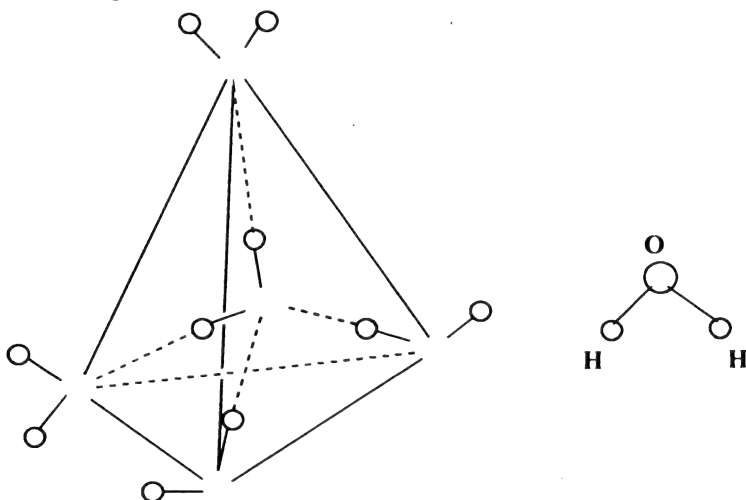
- $\text{NH}_3$  có  $t^0$  sôi  $>$   $t^0$  sôi của  $\text{NF}_3$  do  $\text{NH}_3$  có liên kết H liên phân tử.
- Trong  $\text{NF}_3$  đôi electron không liên kết tạo momen lưỡng cực theo chiều ngược lại với chiều momen lưỡng cực chung của các liên kết N-F (do độ âm điện của  $\text{F} > \text{N}$ )  $\Rightarrow$  các momen lưỡng cực triệt tiêu nhau nên  $\mu$  nhỏ  $\approx 0$ . Còn trong  $\text{NH}_3$  momen lưỡng cực của đôi electron không liên kết cùng hướng với momen lưỡng cực chung của các liên kết N-H (do độ âm điện của  $\text{N} > \text{H}$ ).

20. a) Cặp electron chưa liên kết đẩy mạnh hơn cặp electron đã liên kết.

b) Khi độ âm điện của nguyên tử trung tâm giảm (hoặc khi độ âm điện của phối tử tăng) thì các cặp electron của liên kết bị đẩy nhiều về phía các nguyên tử liên kết nên chúng chỉ cần một khoảng không gian nhỏ chung quanh nguyên tử trung tâm.

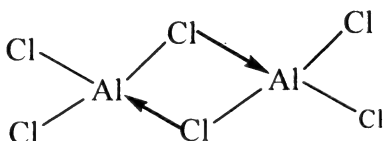
c) Giải thích tương tự b.

21. Do có liên kết cầu Hidro nên nước đá có cấu trúc đặc biệt (các nguyên tử oxi nằm ở tâm và 4 đỉnh của 1 tứ diện đều). Mỗi nguyên tử H liên kết với chính 1 nguyên tử oxi và liên kết cầu hidro với 1 nguyên tử oxi khác. Cấu trúc này xốp nên tỉ khối nhỏ. Khi tan thành nước lỏng, cấu trúc này bị phá vỡ nên thể tích giảm  $\Rightarrow$  tỉ khối tăng lên.

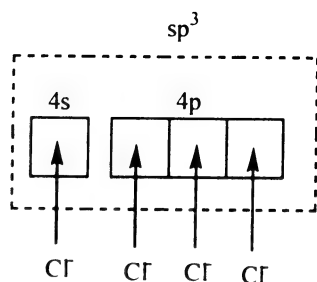
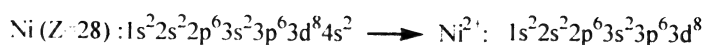


Mô hình mạng tinh thể nước đá

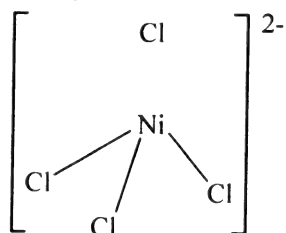
22. Để có được cơ cấu bền vững hơn ở trạng thái không nước,  $\text{AlCl}_3$  có khuynh hướng dime hoá, do hiệu ứng lập thể mà phân tử  $\text{BCl}_3$  không có khuynh hướng này. Vì kích thước của nguyên tử B quá nhỏ nên sự có mặt của 4 nguyên tử clo có thể tích tương đối lớn, quanh nó sẽ gây ra tương tác đẩy nhau lớn làm cho phân tử không bền vững.



23. •  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$ :

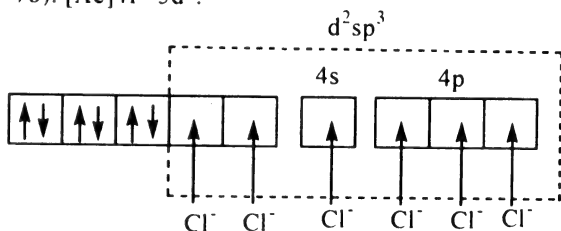
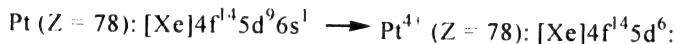


Ion trung tâm  $\text{Ni}^{2+}$  lai hoá  $sp^3$  với cấu trúc tứ diện đều. Khi hình thành anion  $[\text{NiCl}_4]^{2-}$  có sự tạo thành 4 liên kết  $\sigma_{\text{cho-nhận}}$  giữa 4  $\text{AO}_{sp^3}$  lai hoá trống với 4 phối tử  $\text{Cl}^-$  chứa cặp electron chưa tham gia liên kết.

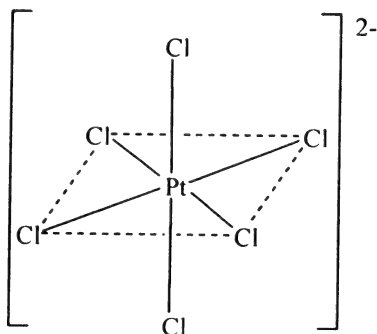


Vì lai hoá ngoài nên  $\text{Ni}^{2+}$  có 2 electron độc thân trên phân lớp 3d  $\Rightarrow [\text{NiCl}_4]^{2-}$  là ion phức thuận từ.

• Anion  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$ :



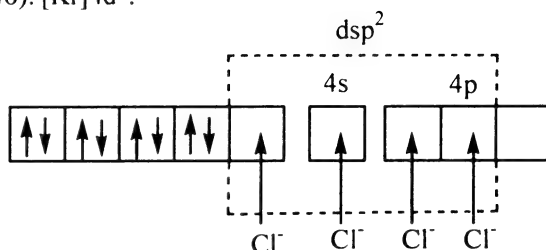
Ion trung tâm  $\text{Pt}^{4+}$  lai hoá  $d^2sp^3$  với cấu trúc bát diện đều. Khi hình thành anion  $[\text{PtCl}_6]^{2-}$  có sự tạo thành 6 liên kết  $\sigma_{\text{cho-nhận}}$  giữa 6  $\text{AO}_{d^2sp^3}$  lai hoá trống với 6 phối tử  $\text{Cl}^-$  chứa cặp electron chưa tham gia liên kết.



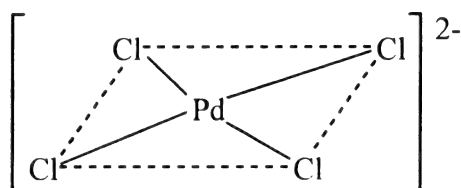
Vì lai hoá trong nên  $\text{Pt}^{4+}$  không có electron độc thân trên phân lớp 3d  
 $\Rightarrow [\text{PtCl}_6]^{2-}$  là ion phức nghịch từ.

•  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ :

$\text{Pd} (Z = 46): [\text{Kr}]4d^{10}5s^0 \rightarrow \text{Pd}^{2+} (Z = 46): [\text{Kr}]4d^8$ :

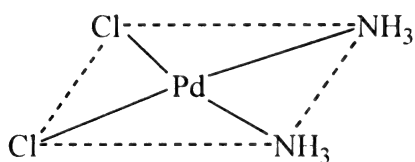


Ion trung tâm  $\text{Pd}^{2+}$  lai hoá  $dsp^2$  với cấu trúc vuông phẳng. Khi hình thành anion  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$  có sự tạo thành 4 liên kết  $\sigma_{\text{cho-nhận}}$  giữa 4  $\text{AO}_{dsp^2}$  lai hoá trống với 4 phối tử  $\text{Cl}^-$  chứa cặp electron chưa tham gia liên kết.

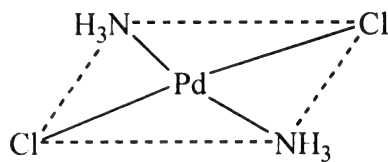


Vì lai hoá trong nên  $\text{Pd}^{2+}$  không có electron độc thân trên phân lớp 3d  
 $\Rightarrow [\text{PdCl}_4]^{2-}$  là ion phức nghịch từ.

Cũng như  $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ , phức  $[\text{Pd}(\text{NH}_3)_2\text{Cl}_2]$  có cấu trúc vuông phẳng. Tuy nhiên do hai phối tử khác nhau nên có 2 cấu hình hình học.

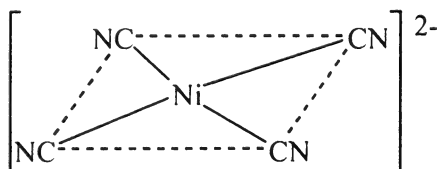
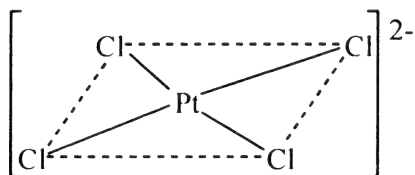


*Cis-điclorođiaminpaladi (II)*

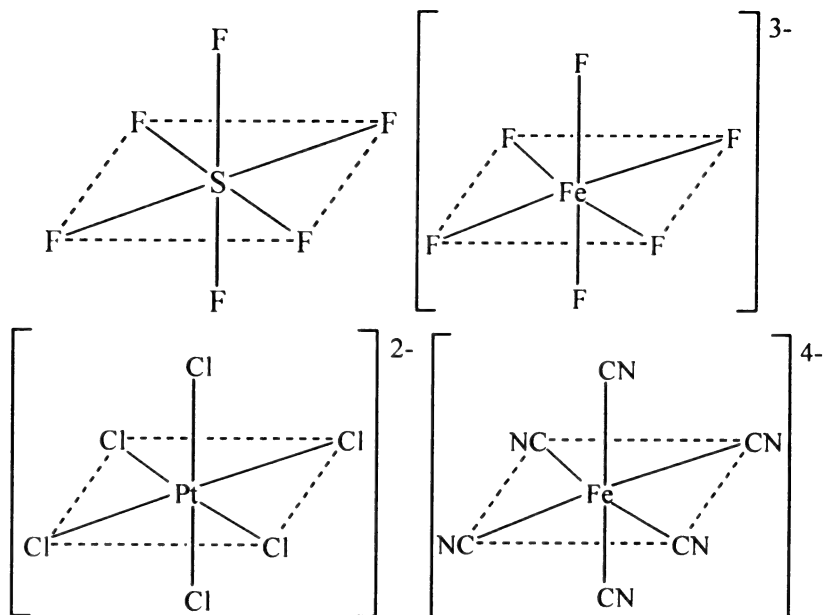


*Transs-điclorođiaminpaladi (II)*

24. •  $[\text{PtCl}_4]^{2-}$ ,  $[\text{Ni}(\text{CN})_4]^{2-}$  lai hóa  $dsp^2$  nên đều có 4 cặp e liên kết và có cấu trúc vuông phẳng.



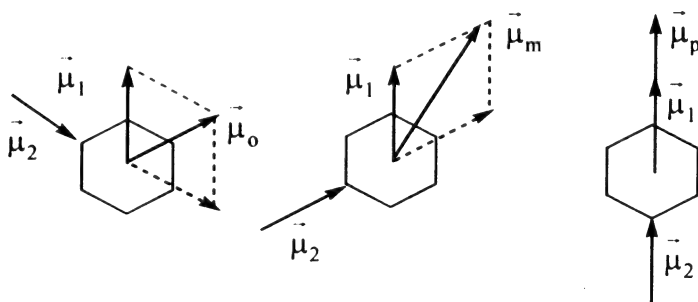
•  $\text{SF}_6$ ,  $[\text{FeF}_6]^{3-}$  lai hóa  $sp^3d^2$  và  $\text{PtCl}_6^{2-}$ ,  $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$  lai hóa  $d^2sp^3$  nên đều có 6 cặp electron liên kết và có cấu trúc bát diện đều.



25. a) So với S thì O có độ âm điện lớn hơn. Vì vậy liên kết cầu nối hiđrô giữa các phân tử  $\text{H}_2\text{O}$  mạnh hơn. Nước ở trạng thái tập hợp nhiều phân tử nên có nhiệt độ sôi cao hơn.

b)  $\text{NH}_3$  tạo với  $\text{H}_2\text{O}$  thành ion  $\text{NH}_4^+$  và ion  $\text{OH}^-$ , vì giữa các nhóm  $\text{OH}^-$  và ion  $\text{NH}_4^+$  ngoài tương tác tĩnh điện còn có liên kết cầu nối hiđrô nên nồng độ ion  $\text{OH}^-$  tự do nhỏ, do đó dung dịch  $\text{NH}_3$  có tính bazơ yếu hơn (vì không có liên kết cầu nối nên  $\text{NH}_4\text{OH}$  là những bazơ mạnh gần tương đương với hiđroxit kiềm).

26. Cần hiểu  $\mu_1$  hướng từ trong ra ngoài, còn  $\mu_2$  ngược lại.



$$\mu_0^2 = \mu_1^2 + \mu_2^2 - 2\mu_1\mu_2\cos 60^\circ = \mu_1^2 + \mu_2^2 - \mu_1\mu_2 = 2,45 \Rightarrow \mu_0 = \sqrt{2,45} = 1,56\text{D}$$

$$\mu_m^2 = \mu_1^2 + \mu_2^2 - 2\mu_1\mu_2\cos 120^\circ = \mu_1^2 + \mu_2^2 + \mu_1\mu_2 = 7,35$$

$$\Rightarrow \mu_m = \sqrt{7,35} = 2,71\text{D}$$

$$\Rightarrow \mu_p = \mu_1 + \mu_2 = 1,53 + 1,6 = 3,13\text{D}$$

27. a) Nguyên tử P trong  $\text{PCl}_5$  và  $\text{PBr}_5$  đều ở trạng thái kích thích, lai hóa  $\text{sp}^3\text{d}$   
 $\Rightarrow$  phân tử có cấu trúc lưỡng tháp tam giác (hai liên kết trục dài hơn các liên kết xích đạo). Nguyên tử P trong  $[\text{PCl}_6]^-$  ở trạng thái kích thích (lai hoá  $\text{sp}^3\text{d}^2$ )  $\Rightarrow$  có cấu trúc bát diện.

b) Không có quá trình  $\text{PBr}_5 + \text{Br}^- \rightarrow \text{PBr}_6^-$  do yếu tố lập thể

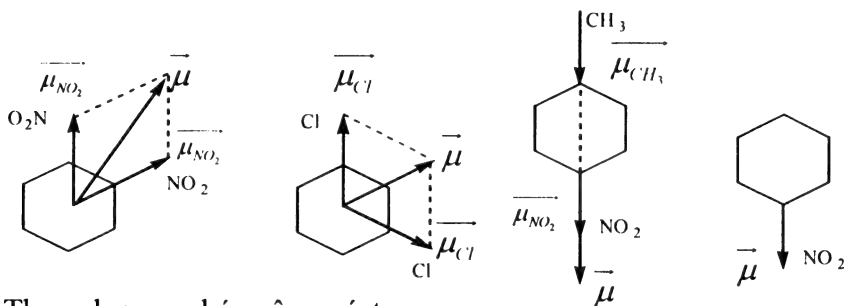
28. Nhận xét: O trong  $\text{H}_2\text{O}$  lai hóa  $\text{sp}^3$ . Hg trong  $\text{HgCl}_2$  ở trạng thái kích thích, lai hóa sp và trong  $\text{CO}_2$  có liên kết  $\text{C}=\text{O}$ , còn trong CO có liên kết  $\text{C}\equiv\text{O}$ .

- Trường hợp 1:  $\Delta H_2$  nhỏ hơn  $\Delta H_1$  không đáng kể vì năng lượng thoát ra (khi nguyên tử O chuyển từ trạng thái lai hóa sang trạng thái không lai hóa) bù trừ không đáng kể năng lượng cần để phá vỡ liên kết O – H.

- Trường hợp 2:  $\Delta H_2$  nhỏ hơn  $\Delta H_1$  rất nhiều vì khi phá vỡ liên kết Hg – Cl thứ 2 (nguyên tử Hg chuyển từ trạng thái sp sang trạng thái  $\text{s}^2$ ) năng lượng thoát ra khá lớn, bù trừ đáng kể năng lượng cần để phá vỡ liên kết thứ 2 này.

- Trường hợp 3:  $\Delta H_2$  lại lớn hơn  $\Delta H_1$  rất nhiều vì  $\Delta H_1$  là năng lượng cần để phá vỡ liên kết đôi  $\text{C}=\text{O}$ , còn  $\Delta H_2$  là năng lượng cần để phá vỡ liên kết ba  $\text{C}\equiv\text{O}$ .

29.



Theo phương pháp cộng vectơ:

$$\overline{\mu}^2 = \overline{\mu}_1^2 + \overline{\mu}_2^2 + 2\overline{\mu}_1 \cdot \overline{\mu}_2 \cos \theta \text{ hay } \mu = \sqrt{\overline{\mu}_1^2 + \overline{\mu}_2^2 + 2\overline{\mu}_1 \cdot \overline{\mu}_2 \cdot \cos \theta}$$

\*Trường hợp phân tử có 2 nhóm thế như nhau ( $\mu_1 = \mu_2$ ) thì ta có:

$$\overline{\mu}^2 = 2\overline{\mu}_1^2 (1 + \cos \theta) = 4\overline{\mu}_1^2 \cos^2 \frac{\theta}{2} \text{ hay } \mu = 2\mu_1 \cos \frac{\theta}{2}$$

Vậy:

• 1,2 – đinitrobenzen có  $\theta = \frac{\pi}{3} = 60^\circ$  thì  $6,6 = 2\mu_{\text{NO}_2} \cdot \cos \frac{60}{2} \Rightarrow \mu_{\text{NO}_2} = 3,8 \text{ D}$

• 1,3 – điclobenzen có  $\theta = 2\frac{\pi}{3} = 120^\circ$  thì  $1,5 = 2\mu_{\text{Cl}} \cdot \cos \frac{120}{2} \Rightarrow \mu_{\text{Cl}} = 1,5 \text{ D}$

\* Trường hợp phân tử có 2 nhóm thế khác nhau ( $\mu_1 \neq \mu_2$ ) như p – nitrotoluen thì:  $\theta = 180^\circ$  và  $\overline{\mu_{\text{NO}_2}}$  và  $\overline{\mu_{\text{CH}_3}}$  có hướng ngược nhau,  $\overline{\mu_{\text{NO}_2}}$  hướng từ trong ra ngoài còn  $\overline{\mu_{\text{CH}_3}}$  lại hướng từ ngoài vào trong.



Theo phép cộng vector:  $\vec{\mu} = \vec{\mu}_{NO_2} + \vec{\mu}_{CH_3}$

Hay:  $4,4 = 3,8 - \mu_{CH_3} \Rightarrow \mu_{CH_3} = 3,8 + 4,4 = 8,2 \text{ D}$

**30.** - Do tương tác giữa  $Ni^{2+}$  và phối tử  $CN^-$  khá mạnh nên 2e độc thân ở  $AO_{3d}$  được ghép đôi (xuất hiện 1 ô trống ở  $AO_{3d}$ ). Các AO trống này sẽ nhận cặp electron tự do của phối tử  $CN^-$  để tạo phức, các AO này đã bị lai hoá  $dsp^2 \Rightarrow$  các electron đã ghép đôi nên phức nghịch từ và có dạng vuông phẳng.

- Do ion  $Cl^-$  có bán kính lớn, tương tác với ion trung tâm yếu nên 2 electron độc thân ở  $AO_{3d}$  vẫn giữ nguyên. Các cặp electron tự do của phối tử  $Cl^-$  sẽ chiếm các AO trống ở 4s và 4p để tạo phức, các AO này đã lai hoá  $sp^3 \Rightarrow$  số electron độc thân vẫn giữ nguyên nên phức thuận từ và có dạng tứ diện.

**31.** Sở dĩ độ dài liên kết hidro và năng lượng hình thành khác nhau là do chúng ở trong các dung môi có trạng thái lai hoá khác nhau. Trong  $H_2O$  thì oxi ở trạng thái lai hoá  $sp^3$ , còn trong axit cacboxylic thì C ở trạng thái lai hoá  $sp^2$ . Mà lai hoá  $sp^2$  có độ âm điện lớn hơn  $sp^3$  nên độ dài liên kết ngắn hơn và năng lượng toả ra khi hình thành liên kết lớn hơn.

**32.** •  $SF_4$ : ( $AX_4E$ ) ; lai hóa  $sp^3d$ ; hình *dạng cái bập bênh*;  $\mu \neq 0$  ; 1 đôi electron không liên kết được phân bố trong mặt phẳng  $\Rightarrow$  kết quả tạo ra hình cái bập bênh

•  $HClO_2$ : ( $AX_3E_2$ ) lai hóa  $sp^3d$ ; hình *dạng chữ T*;  $\mu \neq 0$  ; 2 đôi electron riêng được phân bố trong mặt phẳng, 3 đôi electron liên kết tạo ra 3 liên kết A – X sắp xếp thành hình chữ T.

•  $HClO$ : ( $AX_2E_3$ ) lai hóa  $sp^3d$  ; hình *dạng đường thẳng*;  $\mu \neq 0$  ; 3 đôi electron riêng được phân bố trong mặt phẳng, còn 2 đôi electron liên kết tạo 2 liên kết A – X được phân bố trên trục vuông góc với mặt phẳng trên. Hai liên kết A – X nằm trên đường thẳng nên phân tử có dạng đường thẳng.

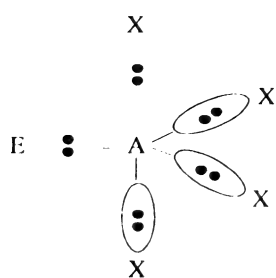
•  $ICl_4^-$ : ( $AX_4E_2$ ) ; hình *dạng vuông phẳng*;  $\mu = 0$  ; theo mô hình sức đẩy cặp electron trong vỏ hóa trị: 2 đôi electron riêng được phân bố trans- so với nhau. Do đó 4 cặp electron liên kết tạo 4 liên kết A – X trong mặt phẳng  $\Rightarrow$  phân tử có dạng vuông phẳng.

•  $IF_7$ : ( $AX_7$ ), lai hóa  $sp^3d^3$ , *dạng lưỡng chóp ngũ giác* ;  $\mu \neq 0$ .

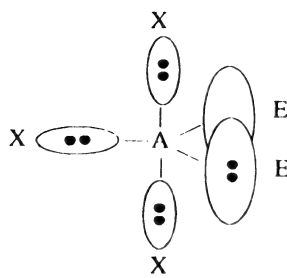
•  $BrF_5$ : ( $AX_5E$ ) lai hóa  $sp^3d^2$ , hình *dạng tháp vuông*,  $\mu \neq 0$  ; 5 đôi electron liên kết được phân bố 4 đôi trong mặt phẳng và một đôi trên trục tạo ra hình dạng tháp vuông. Một đôi e không liên kết được phân bố phía còn lại của trục. Do sự biến dạng như vậy nên độ dài liên kết ngang và trục không tương đương hình học.

•  $HNO_3$ : ( $AX_3$ ) lai hóa  $sp^2$ , hình tam giác phẳng,  $\mu \neq 0$  ; 3 đôi electron được phân bố trên mặt phẳng là 3 đỉnh của tam giác đều.

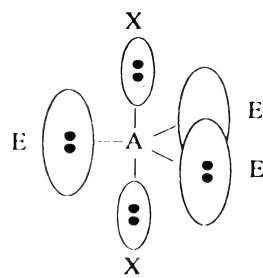
•  $C_2H_6$ : ( $AX_4$ ) lai hóa  $sp^3$ , hình tứ diện,  $\mu \neq 0$  ; 4 đôi electron được phân bố trên 4 đỉnh của tứ diện đều, tâm tứ diện là A.



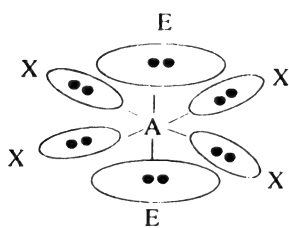
(AX<sub>4</sub>E)



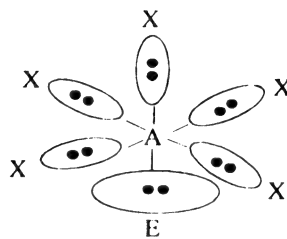
(AX<sub>3</sub>E<sub>2</sub>)



(AX<sub>2</sub>E<sub>3</sub>)

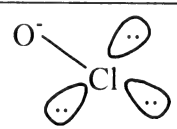
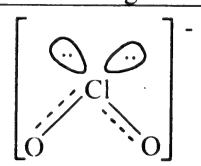
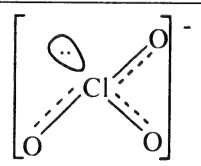
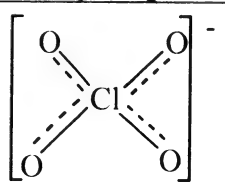


(AX<sub>4</sub>E<sub>2</sub>)



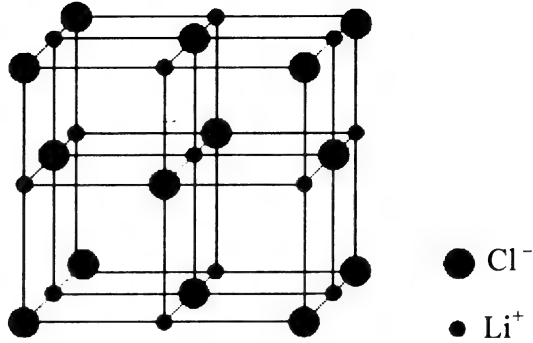
(AX<sub>5</sub>E)

33.

Cấu tử	Trạng thái lai hoá	Số electron không liên kết	Dạng hình học
ClO <sup>-</sup>	sp <sup>3</sup>	3 cặp	 Thẳng
ClO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	sp <sup>3</sup>	2 cặp	 Góc
ClO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	sp <sup>3</sup>	1 cặp	 Chóp tam giác
ClO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	sp <sup>3</sup>	0	

Độ bền của ClO<sup>-</sup> < ClO<sub>2</sub><sup>-</sup> < ClO<sub>3</sub><sup>-</sup> < ClO<sub>4</sub><sup>-</sup>

34. a)



b) Mỗi loại ion tạo ra một mạng lập phương tâm diện. Hai mạng đó lồng vào nhau, khoảng cách hai mạng là  $a/2$ .

Gọi  $d$  là đường chéo một mặt, ta có  $d^2 = 2a^2 \Rightarrow d = a\sqrt{2}$

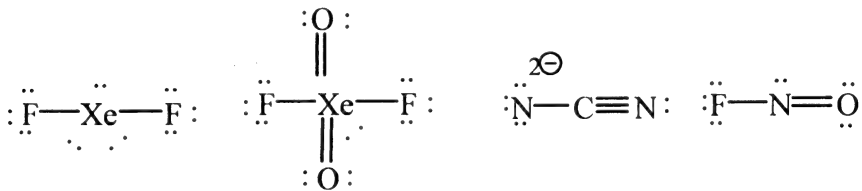
Giả thiết ion  $\text{Li}^+$  nhỏ đến mức có thể xảy ra tiếp xúc anion-anion và ion  $\text{Li}^+$  được xếp khít vào khe giữa các ion  $\text{Cl}^-$ , ta có  $d = 4r_{\text{Cl}^-}$

$$\Rightarrow 4r_{\text{Cl}^-} = a\sqrt{2} \Rightarrow r_{\text{Cl}^-} = \frac{a\sqrt{2}}{4} = \frac{5,14 \cdot 10^{-10} \cdot \sqrt{2}}{4} = 1,82 \cdot 10^{-10} \text{ (m)}$$

Xét một cạnh  $a$ :  $a = 2r_{\text{Cl}^-} + 2r_{\text{Li}^+}$

$$\Rightarrow r_{\text{Li}^+} = \frac{a - 2r_{\text{Cl}^-}}{2} = \frac{5,14 \cdot 10^{-10} - 2 \cdot 1,82 \cdot 10^{-10}}{2} = 0,75 \cdot 10^{-10} \text{ (m)}$$

36. Công thức Lewis:



Cấu trúc hình học:

$\text{XeF}_2$ : thẳng

$\text{XeO}_2\text{F}_2$ : ván bập bênh

$(\text{CN}_2)^{2-}$ : thẳng

$\text{NFO}$ : gấp khúc

Kiểu lai hoá của nguyên tử trung tâm Xe:

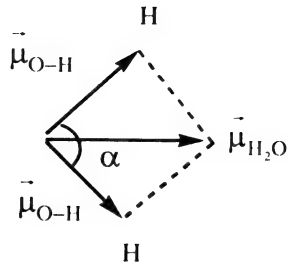
$\text{XeF}_2$ : Xe lai hoá  $\text{sp}^3\text{d}$

$\text{XeO}_2\text{F}_2$ : Xe lai hoá  $\text{sp}^3\text{d}$

$(\text{CN}_2)^{2-}$ : C lai hoá  $\text{sp}$

$\text{NFO}$ : N lai hoá  $\text{sp}^2$

37. Ta có:



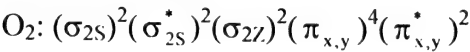
$$\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 2\mu_{\text{O-H}} \cos \frac{\alpha}{2} \Rightarrow \mu_{\text{O-H}} = \frac{\mu_{\text{H}_2\text{O}}}{2 \cos \frac{\alpha}{2}} \Rightarrow \mu_{\text{O-H}} = \frac{1,85}{2 \cos(52,25^{\circ})} = 1,51\text{D}$$

$$\mu_{\text{O-H}}(\text{lt}) = |q| \cdot d_{\text{O-H}} = 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,0957 \cdot 10^{-9} = 1,5312 \cdot 10^{-29} \text{ (cm)} = 4,6\text{D}$$

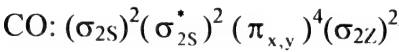
$$\delta(\%) = \frac{\mu_{\text{ln}}}{\mu_{\text{lt}}} \cdot 100\% = \frac{1,51}{4,6} \cdot 100\% = 32,8\%$$

38. Giản đồ các MO của CO và O<sub>2</sub> (bạn đọc tự vẽ)

Cấu hình electron:

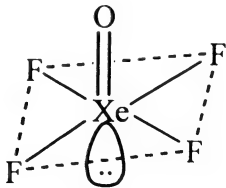
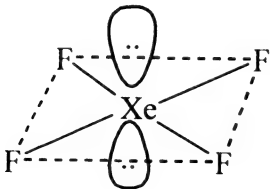
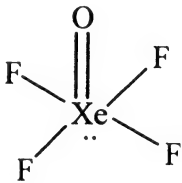
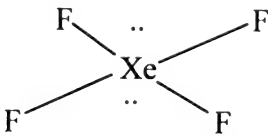


$$\text{Độ bội liên kết} = \frac{8 - 4}{2} = 2; \text{thuận từ (S=1)}$$



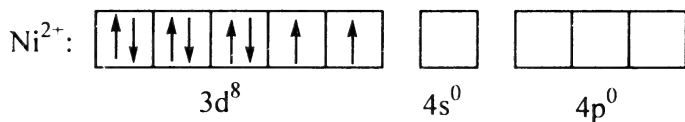
$$\text{Độ bội liên kết} = \frac{8 - 2}{2} = 3; \text{nghịch từ (S = 0)}$$

39. Công thức Lewis

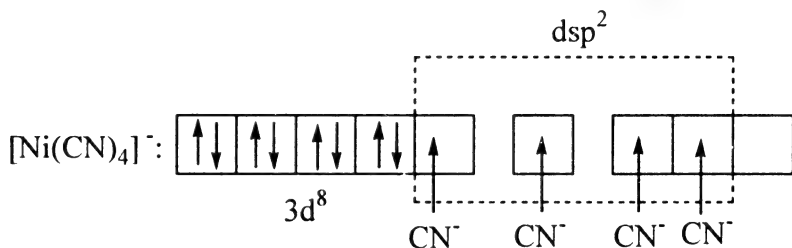


Vuông phẳng (sp<sup>3</sup>d<sup>2</sup>) Tháp tứ giác (sp<sup>3</sup>d)

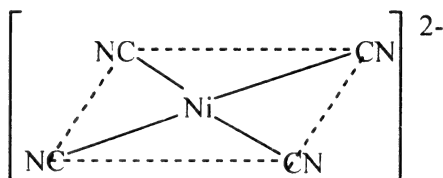
40. Ni:  $3d^8 4s^2 \Rightarrow Ni^{2+}: 3d^8$



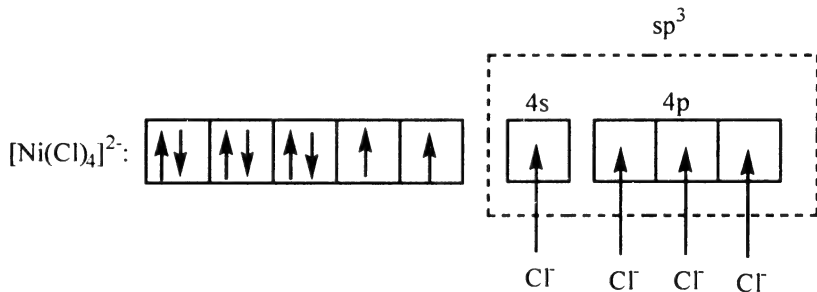
• Phức  $[Ni(CN)_4]^{2-}$ :  $CN^-$  là phối tử trường mạnh  $\Rightarrow$  dồn electron d  $\Rightarrow$  tạo phức vuông phẳng với  $Ni^{2+}$  lai hoá  $dsp^2$ . Phức spin thấp ( $S = 0$ ). Nghịch từ.



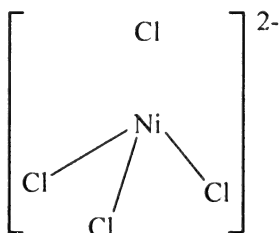
$\Rightarrow$  Công thức cấu tạo:



•  $[NiCl_4]^{2-}$ :

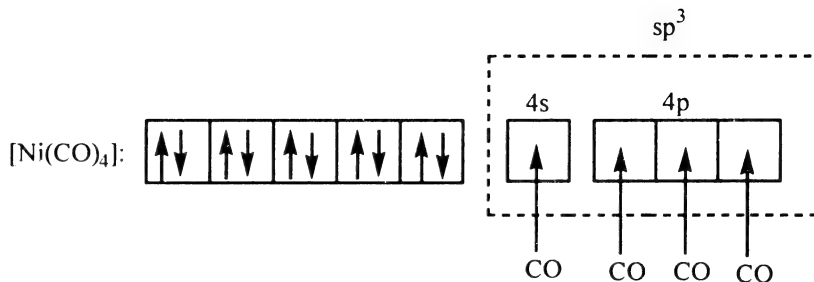


Ion trung tâm  $Ni^{2+}$  lai hoá  $sp^3$  với cấu trúc tứ diện đều. Khi hình thành anion  $[NiCl_4]^{2-}$  có sự tạo thành 4 liên kết  $\sigma_{cho-nhận}$  giữa 4  $AO_{sp^3}$  lai hoá trống với 4 phối tử  $Cl^-$  chứa cặp electron chưa tham gia liên kết.

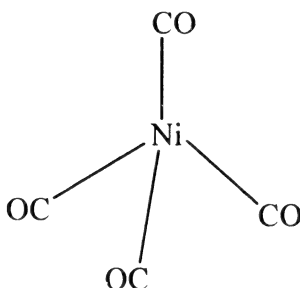


Vì lai hoá ngoài nên  $Ni^{2+}$  có 2 electron độc thân trên phân lớp 3d  $\Rightarrow [NiCl_4]^{2-}$  là ion phức thuận từ.

•  $[\text{Ni}(\text{CO})_4]$ : Co là phối tử trường mạnh  $\Rightarrow$  dồn electron 4s vào 3d  $\Rightarrow$  tạo orbital 4s, 4p trống  $\Rightarrow$  lai hoá  $sp^3$ , phức tứ diện. Spin thấp ( $S = 0$ ). Nghịch từ.



$\Rightarrow$  Công thức cấu tạo:



## CHUYÊN ĐỀ 4: PHẢN ỨNG OXI HOÁ – KHỬ

### A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

#### I. PHẢN ỨNG OXI HOÁ - KHỬ

##### 1. Số oxi hoá

Số oxi hoá của một nguyên tố trong phân tử là điện tích của nguyên tử nguyên tố đó trong phân tử, nếu giả định rằng liên kết giữa các nguyên tử trong phân tử là liên kết ion.

Số oxi hoá được xác định theo các nguyên tắc sau:

• *Quy tắc 1:* Số oxi hoá của nguyên tố trong các đơn chất bằng không. *Thí dụ:*

Số oxi hoá của Na, Fe,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,... đều bằng không.

*Quy tắc 2:* Trong hầu hết các hợp chất, số oxi hoá của hiđro bằng +1, trừ hiđrua kim loại (NaH,  $\text{CaH}_2$ ,...). Số oxi hoá của oxi bằng -2, trừ trường hợp  $\text{OF}_2$  và peoxit (chẳng hạn  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,...). Kim loại luôn có số oxi hoá dương và bằng hoá trị của nó trong hợp chất.

*Quy tắc 3:* Trong một phân tử, tổng số oxi hoá của các nguyên tố bằng không.

*Quy tắc 4:* Số oxi hóa của các ion đơn nguyên tử bằng điện tích của ion đó. Trong ion đa nguyên tử, tổng số oxi hoá của các nguyên tố bằng điện tích của ion.

**Thí dụ:** Tính số oxi hoá của nguyên tố lưu huỳnh trong  $\text{SO}_3$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ .

Đặt  $x$  là số oxi hoá của nguyên tố lưu huỳnh trong các hợp chất và ion trên, ta có:

- Trong  $\text{SO}_3$ :  $x + 3 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow x = +6$
- Trong  $\text{SO}_2$ :  $x + 2 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow x = +4$
- Trong  $\text{H}_2\text{SO}_4$ :  $2(+1) + x + 4 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow x = +6$
- Trong  $\text{NaHSO}_3$ :  $+1 + 1 + x + 3 \cdot (-2) = 0 \Rightarrow x = +4$
- Trong  $\text{SO}_4^{2-}$ :  $x + 4 \cdot (-2) = -2 \Rightarrow x = +6$

**Cách ghi số oxi hoá:** Số oxi hoá được đặt phía trên kí hiệu của nguyên tố. Ghi dấu trước, số sau: **Thí dụ:**  $+4 -2$   $-3 +1$   $+5 -2$



## 2. Phản ứng oxi hoá - khử

**Chất khử** là chất *nhường electron* hay là *chất có số oxi hoá tăng* sau phản ứng. **Chất khử** còn được gọi là *chất bị oxi hoá*.

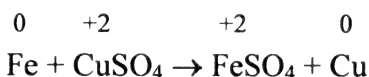
**Chất oxi hoá** là chất *nhận electron* hay là *chất có số oxi hoá giảm* sau phản ứng. **Chất oxi hoá** còn được gọi là *chất bị khử*.

**Sự oxi hóa** (quá trình oxi hoá) một chất là *làm cho chất đó nhận electron* hay *làm tăng số oxi hoá* của chất đó.

**Sự khử** (quá trình khử) một chất là *làm cho chất đó nhận electron* hay *làm giảm số oxi hoá* của chất đó.

**Phản ứng oxi hoá - khử** là phản ứng hoá học trong đó có sự chuyển electron giữa các chất (nguyên tử, phân tử hoặc ion) phản ứng; hay phản ứng oxi hoá - khử là phản ứng hoá học trong đó có sự thay đổi số oxi hoá của một số nguyên tố.

Thí dụ:



Chất khử: Fe

Chất oxi hoá:  $\text{CuSO}_4$

Sự khử:  $\text{Cu}^{+2} + 2e \rightarrow \text{Cu}$

Sự oxi hoá:  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + 2e$

## II. CÁC PHƯƠNG PHÁP CÂN BẰNG PHẢN ỨNG

### OXI HOÁ – KHỬ

#### 1. Nguyên tắc chung

**Tổng số electron của chất khử** cho bằng **tổng số electron của chất oxi hoá nhận**, hay nói cách khác, **tổng độ tăng số oxi hoá của chất khử bằng tổng độ giảm số oxi hoá của chất oxi hoá**.

## 2. Phương pháp thăng bằng electron

Tiến hành theo 4 bước:

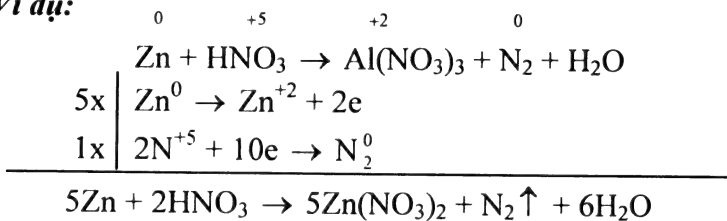
**Bước 1:** Viết sơ đồ phản ứng, xác định chất oxi hoá, chất khử (dựa vào sự thay đổi số oxi hoá của các nguyên tố).

**Bước 2:** Viết các nửa phương trình cho nhận electron. Tìm hệ số cân bằng số electron cho – nhận.

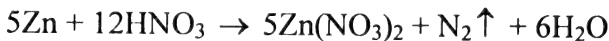
**Bước 3:** Đặt hệ số tìm được từ nửa phương trình cho – nhận electron vào các chất oxi hoá, chất khử tương ứng trong phương trình phản ứng.

**Bước 4:** Cân bằng chất không tham gia quá trình oxi hoá – khử (nếu có) theo trật tự sau: số nguyên tử kim loại, gốc axit, số phân tử môi trường (axit hoặc kiềm) và cuối cùng là số lượng phân tử nước tạo thành. Kiểm tra kết quả.

**Ví dụ:**

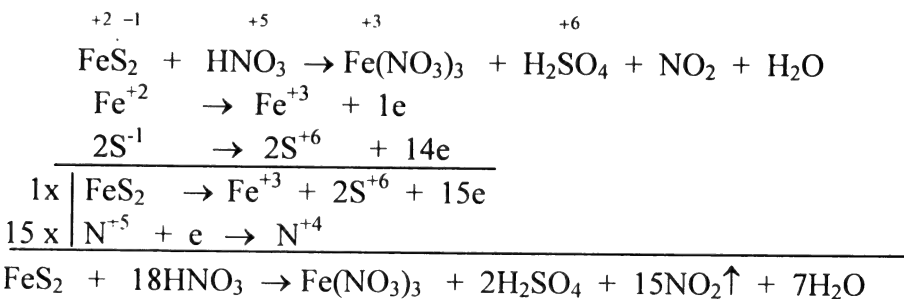


Ta thấy, ngoài 2 phân tử  $\text{HNO}_3$  đóng vai trò là chất oxi hoá (bị khử thành 1 phân tử  $\text{N}_2$ ) còn phải đặt thêm vào 10 phân tử  $\text{HNO}_3$  (làm nhiệm vụ môi trường) để cung cấp 10 ion  $\text{NO}_3^-$  liên kết với 5 ion  $\text{Zn}^{2+}$ . Cuối cùng ta có:

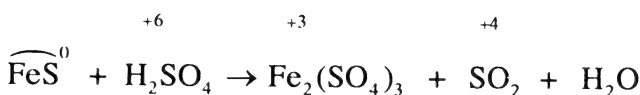


**Chú ý:**

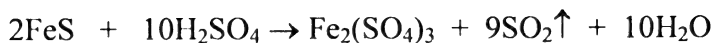
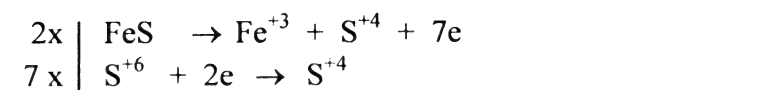
(1) Khi cân bằng, nếu trong 1 phân tử có đồng thời 2 hay 3 nguyên tố đóng vai trò là chất khử thì phải viết đủ các quá trình oxi hoá rồi cộng gộp lại. Nhớ lấy đủ số nguyên tử trong phân tử. Phần còn lại tiến hành như thường lệ.



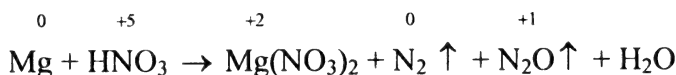
Hoặc coi phân tử  $\text{FeS}_2$  như một đơn chất thì ta có thể bỏ qua giai đoạn cộng gộp quá trình cộng gộp trên. Ví dụ:



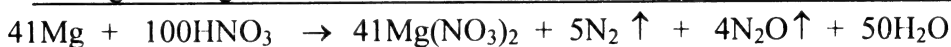
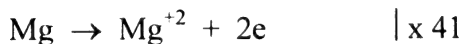
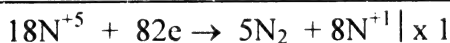
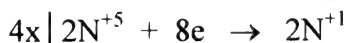
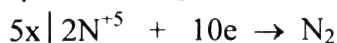




(2) Đối với các phản ứng tạo ra nhiều sản phẩm (của sự oxi hoá hay sự khử) trong đó có nhiều số oxi hoá khác nhau thì có thể viết riêng từng bán phản ứng oxi hoá đối với mỗi sản phẩm khử, rồi viết gộp lại sau khi đã nhân với hệ số tỉ lệ giữa các sản phẩm. Ví dụ:

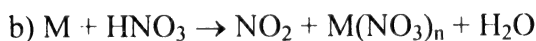
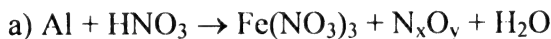


Biết tỉ lệ thể tích:  $\text{N}_2 : \text{N}_2\text{O} = 5 : 4$ .

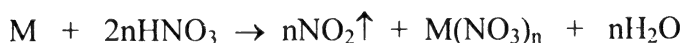
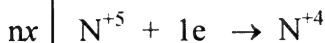
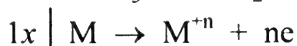
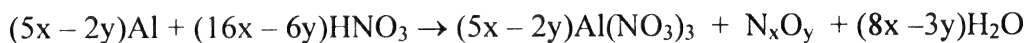
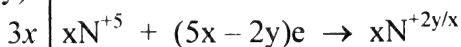
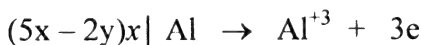
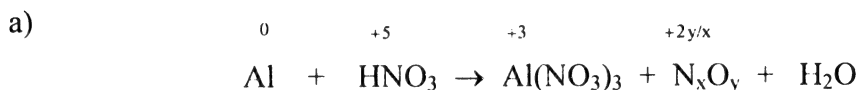


(3) Đối với phản ứng oxi hóa – khử có hệ số bằng chữ thì cần xác định đúng sự tăng, giảm số oxi hóa của các nguyên tố.

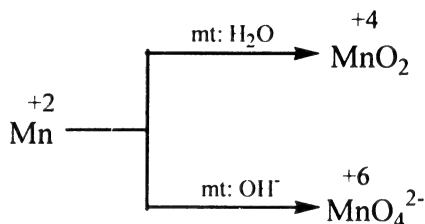
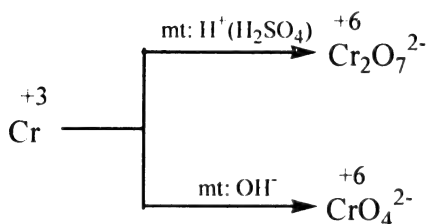
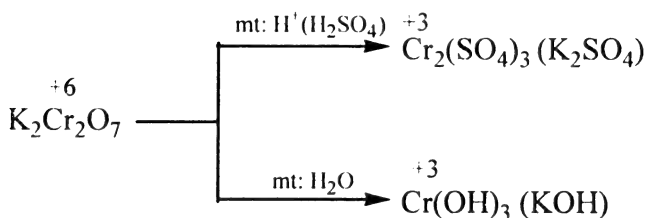
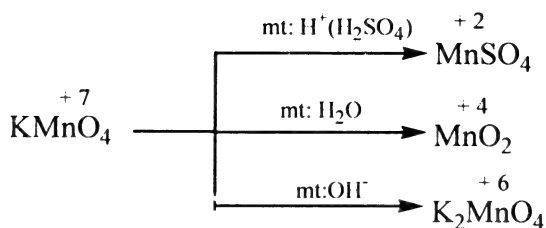
**Ví dụ 1:** Cân bằng phản ứng oxi hóa – khử sau:



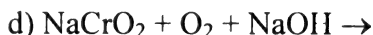
***Giải***



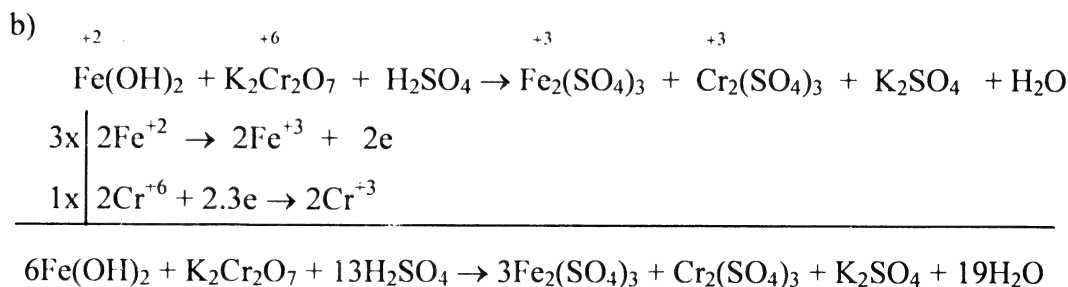
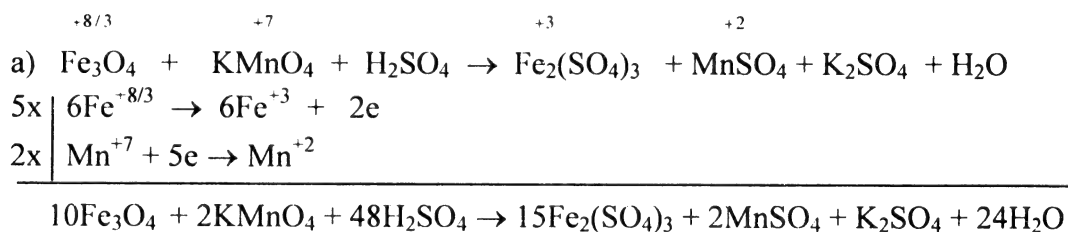
(4) Ảnh hưởng của môi trường: Trong một số chất thì tác nhân oxi hóa, tác nhân khử phụ thuộc vào môi trường tiến hành phản ứng.

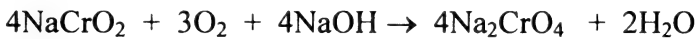
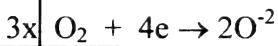
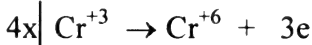
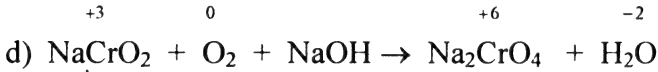
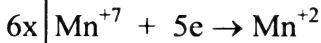
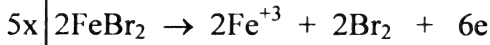
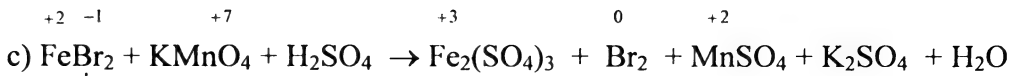


**Ví dụ 2:** Xác định sản phẩm và cân bằng các phản ứng sau theo phương pháp thăng bằng electron:



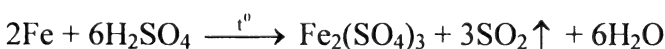
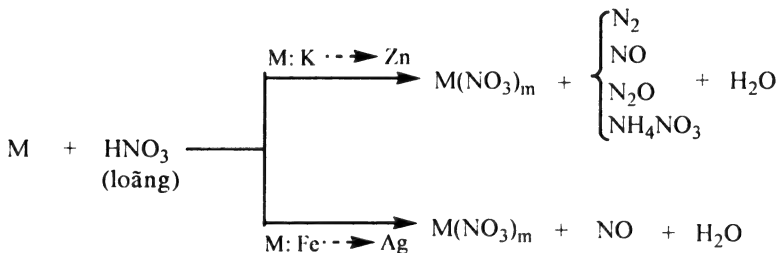
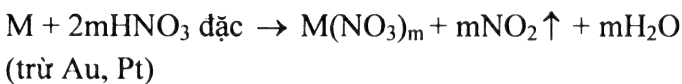
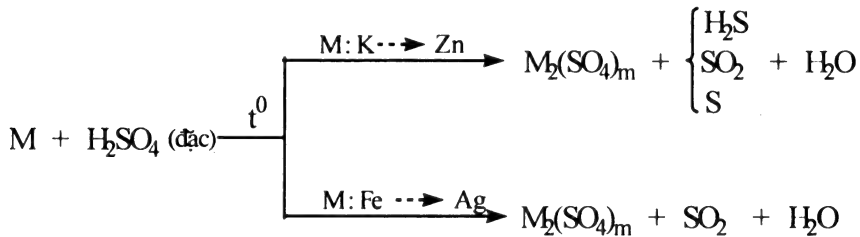
**Giải**

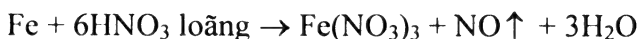
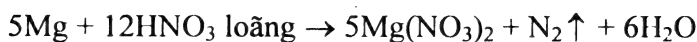
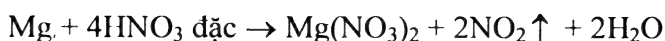




### • Oxi hoá kim loại

Sản phẩm khử phụ thuộc vào tính khử của kim loại, nồng độ của axit, nhiệt độ tiến hành phản ứng,... Nói chung thì axit bị khử xuống bậc oxi hóa càng thấp khi nồng độ càng loãng và tác dụng với kim loại càng mạnh:



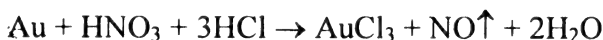


**Chú ý:**

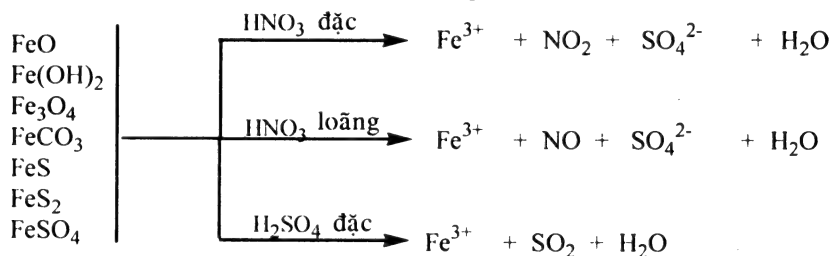
(1) m là hóa trị cao của M.

(2) Một số kim loại như Al, Fe, Cr,... bị thụ động hóa trong  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nguội và  $\text{HNO}_3$  đặc, nguội.

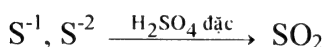
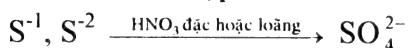
(3) Hỗn hợp  $\text{HNO}_3$  đặc và HCl đặc theo tỉ lệ thể tích 1:3 gọi là nước cường thủy. Có tính oxi hóa rất mạnh có thể hòa tan Au và Pt.



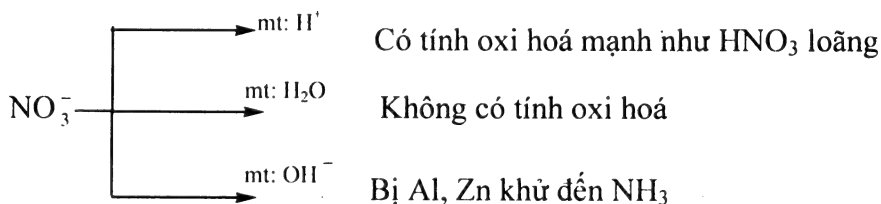
• Oxi hoá các hợp chất Fe (II) thành hợp chất Fe(III):



• Oxi hoá các hợp chất muối sunfua:



(6) Tính chất của ion  $\text{NO}_3^-$

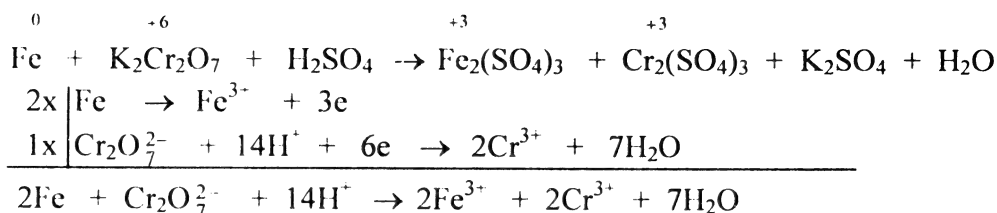


### 3. Phương pháp ion – electron

Cách cân bằng này chỉ áp dụng cho các phản ứng oxi hoá – khử xảy ra trong dung dịch, có sự tham gia của môi trường (axit, bazơ, nước).

Khi cân bằng cũng áp dụng theo 4 bước trên, nhưng ở bước 2 chất oxi hoá và chất khử được viết dưới dạng ion – electron theo các nguyên tắc sau đây:

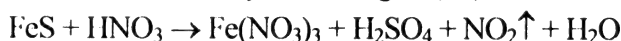
a) Nếu phản ứng có axit tham gia: Về nào thừa oxi ta thêm  $\text{H}^+$  để tạo ra  $\text{H}_2\text{O}$  và ngược lại. Ví dụ:



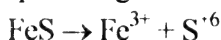
Để biết phương trình có cân bằng đúng hay không, bạn đọc cần tính tổng điện tích hai vế của phương trình ion thu gọn. Nếu tổng điện tích hai vế của phương trình bằng nhau thì phương trình đã được cân bằng.

Phương trình phân tử:

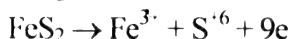
$2\text{Fe} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O}$  *Lưu ý:*  
 Để viết nhanh các bán phản ứng khử hoặc bán phản ứng oxi hoá có thể áp dụng phương pháp bảo toàn điện tích (hay điện tích giả định) hai vế. *Ví dụ:*



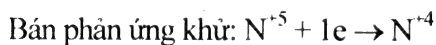
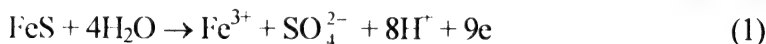
Bán phản ứng oxi hoá:



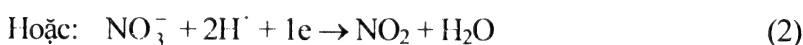
Vế trái điện tích giả định bằng 0, vế phải điện tích giả định + 9. Để điện tích giả định hai vế bằng nhau ta thêm 9e vào vế phải.



Nếu viết dưới dạng ion - electron thì điện tích hai vế cũng phải bằng nhau:

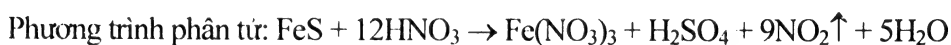
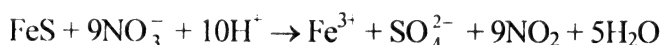


Vế trái và vế phải đều có điện tích giả định là + 4.

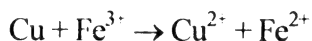


Hai vế đều có điện tích bằng 0.

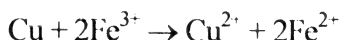
(1) + (2) x 9: Phương trình ion rút gọn:



Để kiểm tra phương trình ion rút gọn đã cân bằng đúng hay chưa ta đếm điện tích hai vế. Nếu điện tích hai vế bằng nhau thì phương trình được cân bằng. Chẳng hạn nhiều học sinh sai lầm khi cho rằng phương trình sau đã cân bằng vì số nguyên tử hoặc ion hai vế bằng nhau:

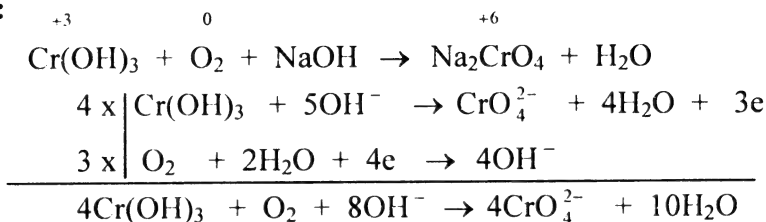


Tuy nhiên, vế trái điện tích + 3 và vế phải điện tích + 4. Để cân bằng điện tích hai vế ta đưa hệ số 2 vào  $\text{Fe}^{3+}$  và  $\text{Fe}^{2+}$ . Lúc này phương trình mới được cân bằng.



2. Nếu phản ứng có bazơ tham gia: Về nào thừa oxi thêm nước để tạo ra  $\text{OH}^-$  và ngược lại.

Ví dụ:



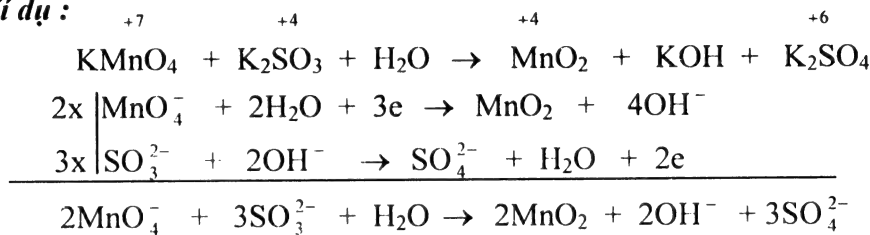
Chuyển sang phương trình phân tử:



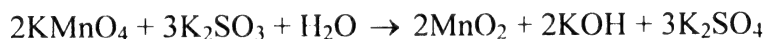
3. Nếu phản ứng có  $\text{H}_2\text{O}$  tham gia

- Sản phẩm phản ứng tạo ra axit, theo nguyên tắc 1.
- Sản phẩm phản ứng tạo ra bazơ, theo nguyên tắc 2.

Ví dụ:

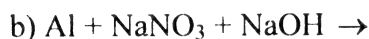


Chuyển sang phương trình phân tử:

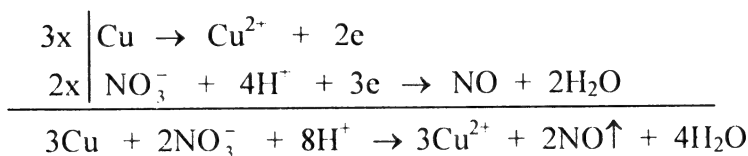
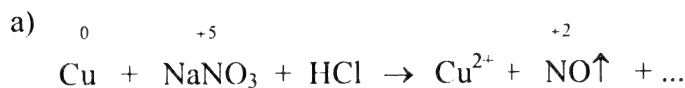


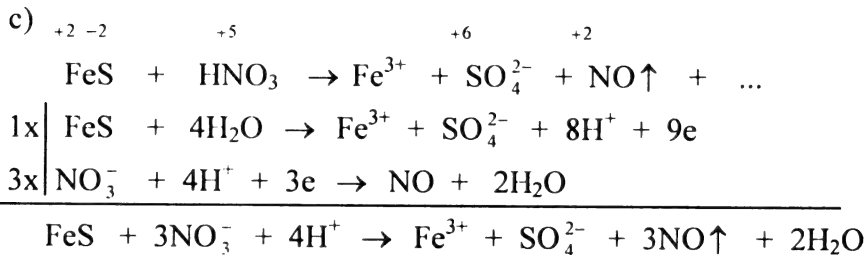
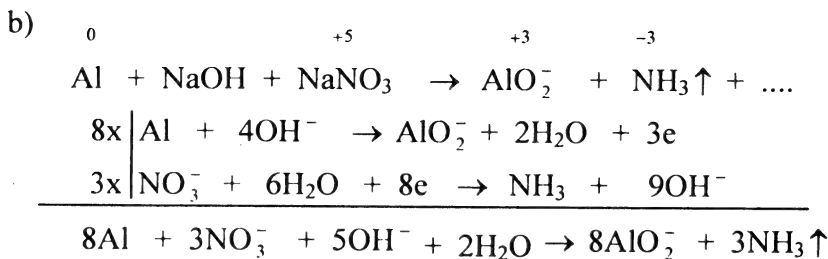
Ưu việt của phương pháp này là cho ta hoàn thành chính xác các phương trình phản ứng dưới dạng ion thu gọn (bản chất của các phản ứng) nếu biết được trạng thái đầu và trạng thái cuối của dạng oxi hoá và dạng khử.

Ví dụ: Hoàn thành và cân bằng các phản ứng sau dưới dạng ion thu gọn:



**Giải**





**d) Phương pháp cân bằng phản ứng oxi hoá – khử có chất hữu cơ tham gia**

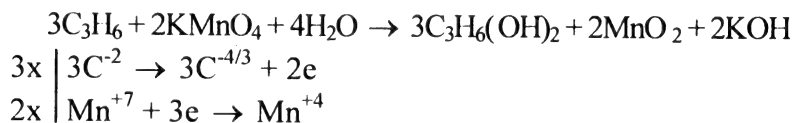
Tương tự đối với chất vô cơ, phản ứng oxi hoá – khử có chất hữu cơ cũng tiến hành theo 4 bước. Nhưng ở bước (1) khi tính số oxi hoá của C cần lưu ý theo phương pháp sau:

- *Phương pháp chung*: Tính số oxi hoá trung bình của C.
- *Phương pháp riêng*: Đặc biệt đối với những phản ứng chỉ có sự thay đổi nhóm chức, có thể tính số oxi hoá của C nào có sự thay đổi số oxi hoá.

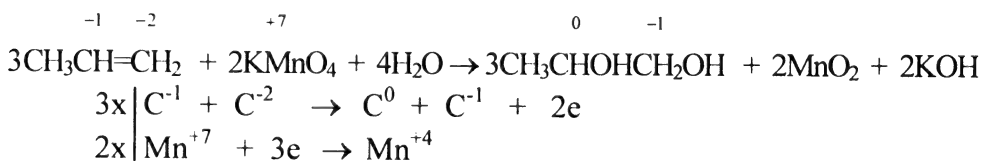
Ví dụ:



Cách 1: Phương pháp chung



Cách 2: Phương pháp riêng



Kết quả của hai cách đều như nhau.

## B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP

### DẠNG 1: SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP THĂNG BẰNG SỐ MOL ELECTRON

**Nguyên tắc:** Khi có nhiều chất oxi hóa hoặc chất khử trong hỗn hợp phản ứng (nhiều phản ứng hoặc phản ứng qua nhiều giai đoạn) thì tổng số mol electron mà các chất khử cho phải bằng tổng số mol electron mà các chất oxi hóa nhận vào.

$$\Sigma n_e (\text{nường}) = \Sigma n_e (\text{nhận})$$

Ưu việt của phương pháp này là có thể giải nhanh nhiều bài toán khó mà không cần viết phương trình phản ứng.

**Ví dụ 1:** Hoà tan hết 6,3 gam hỗn hợp **X** gồm Al và kim loại **M** (tỉ lệ mol tương ứng 2:3) vào 200 gam dung dịch  $\text{HNO}_3$  31,5%, kết thúc các phản ứng thu được dung dịch **Y** và 1,568 lít (đktc) hỗn hợp hai khí  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$  có tổng khối lượng là 2,76 gam. Cho **Y** phản ứng với dung dịch NaOH đun nóng, không có khí thoát ra.

a) Xác định tên kim loại **M**.

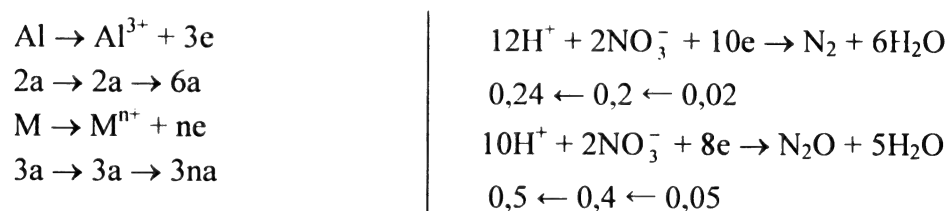
b) Tính thể tích dung dịch NaOH 0,5M tối thiểu cần dùng để kết tủa hết các ion kim loại trong **Y**.

#### Giải

a) Gọi  $x, y$  lần lượt là số mol  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$ .

$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} x + y = 0,07 \\ 28x + 44y = 2,76 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,02 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

Các bán phản ứng oxi hoá và khử:



$$\Rightarrow 6a + 3na = 0,6 \Rightarrow 2a + na = 0,2 \quad (1)$$

Mặt khác:

$$54a + 3Ma = 6,3 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1), (2)} \Rightarrow \frac{54 + 3M}{2 + n} = 31,5 \Rightarrow M = 10,5n + 3 \quad (n = 1; 2; 3)$$

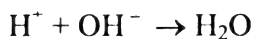
$\Rightarrow$  Nghiệm phù hợp:  $n = 2$  và  $M = 24$  (Mg)

$$\text{b) } n_{\text{H}^+} \text{ ban đầu} = n_{\text{HNO}_3} \text{ ban đầu} = \frac{200 \cdot 31,5}{100 \cdot 63} = 1 \text{ mol}$$

$$n_{\text{H}^+} \text{ phản ứng} = 0,24 + 0,5 = 0,74 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{H}^+} \text{ còn} = 1 - 0,74 = 0,26 \text{ mol}$$



$$a = \frac{6,3}{54 + 3.24} = 0,05 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Al}} = 0,1 \text{ mol và } n_{\text{Mg}} = 0,15 \text{ mol}$$



$$0,26 \rightarrow 0,26$$



$$0,15 \rightarrow 0,3$$



$$0,1 \rightarrow 0,3$$

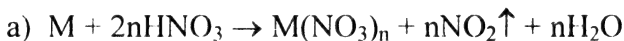
$$\Rightarrow n_{\text{NaOH}} = n_{\text{OH}^-} = 0,86 \text{ mol} \Rightarrow V_{\text{dd NaOH}} = \frac{0,86}{0,5} = 1,72 \text{ lít}$$

**Ví dụ 2:** Cho 6,3 gam hỗn hợp **X** gồm Mg và kim loại **M** (hoá trị không đổi) tác dụng với  $\text{Cl}_2$ , sau một thời gian thu được 20,5 gam chất rắn **Y**. Hoà tan hết **Y** trong dung dịch  $\text{HCl}$ , sinh ra 2,24 lít  $\text{H}_2$  (đktc). Mặt khác, cho 0,1 mol **M** phản ứng với dung dịch  $\text{HNO}_3$  đặc, nóng dư thì lượng khí  $\text{NO}_2$  thoát ra vượt quá 5,04 lít (đktc).

a) Xác định tên kim loại **M**.

b) Cho 12,6 gam **X** trên tác dụng với dung dịch  $\text{HNO}_3$  loãng (dư), kết thúc phản ứng thu được 2,24 lít (đktc) hỗn hợp khí **Z** gồm  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$  có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 18. Tính khối lượng muối thu được sau khi các phản ứng kết thúc.

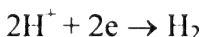
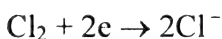
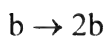
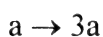
**Giải**



$$0,1 \quad \quad \quad \rightarrow \quad \quad \quad 0,1n$$

$$\Rightarrow n_{\text{NO}_2} = 0,1n > \frac{5,04}{22,4} = 0,225 \Rightarrow n > 2,25 \Rightarrow n = 3$$

$$\text{Theo định luật bảo toàn khối lượng: } n_{\text{Cl}_2} = \frac{20,5 - 6,3}{71} = 0,2 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow 3a + 2b = 0,6 \quad (1) \Rightarrow a < 0,2 \text{ mol}$$

Mặt khác:

$$\text{Ma} + 24b = 6,3 \quad (2)$$

$$\text{Rút a từ (1) và (2) ta được: } a = \frac{0,9}{36 - \text{M}} < 0,2 \Rightarrow \text{M} < 31,5$$

Do **M** là kim loại hoá trị 3 nên chỉ có thể **M** là Al (nhôm)

$$\text{b) Ta có: } a = \frac{0,9}{36-27} = 0,1 \text{ mol ; } b = \frac{0,6-3.0,1}{2} = 0,15 \text{ mol}$$

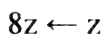
⇒ Trong 12,6 gam X có chứa 0,2 mol Al và 0,3 mol Mg.

Gọi x, y lần lượt là số mol N<sub>2</sub> và N<sub>2</sub>O.

$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} x + y = 0,1 \\ 28x + 44y = 18.2.0,1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,05 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

$$\text{Ta thấy: } 3n_{\text{Al}} + 2n_{\text{Mg}} = 1,2 > 10n_{\text{N}_2} + 8n_{\text{N}_2\text{O}} = 0,9 \text{ mol}$$

⇒ Có muối NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> tạo thành.



$$n_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = z = \frac{1,2-0,9}{8} = 0,0375 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_{\text{muối}} = m_{\text{Al(NO}_3)_3} + m_{\text{Mg(NO}_3)_2} + m_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 213.0,2 + 148.0,3 + 80.0,0375 = 90 \text{ gam}$$

**Ví dụ 3:** Chia 29,6 gam hỗn hợp X gồm Fe và Cu thành hai phần bằng nhau. Phần 1 cho phản ứng với lượng dư dung dịch HCl, sinh ra 3,36 lít H<sub>2</sub> (đktc). Cho phần 2 tác dụng với dung dịch HNO<sub>3</sub> đặc, nóng (dư) thu được V lít khí NO<sub>2</sub> (đktc) và dung dịch Y.

a) Tính giá trị của V

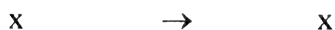
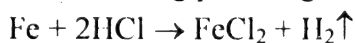
b) Cho Y phản ứng với lượng dư dung dịch NH<sub>3</sub>. Tính khối lượng kết tủa thu được sau khi các phản ứng kết thúc.

### ***Giải***

a) Gọi x, y lần lượt là số mol Fe và Cu chứa trong 14,8 gam hỗn hợp X.

$$\text{Ta có: } 56x + 64y = 14,8 \quad (*)$$

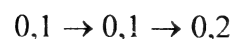
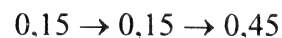
• Phần 1: Cu không phản ứng



$$\Rightarrow n_{\text{H}_2} = x = 0,15 \text{ mol}$$

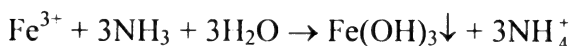
$$(*) \Rightarrow y = 0,1 \text{ mol}$$

• Phần 2:

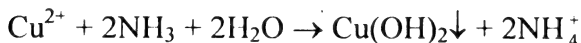


$$\Rightarrow a = 0,45 + 0,2 = 0,65 \text{ mol} \Rightarrow V = 0,65.22,4 = 14,56 \text{ lít}$$

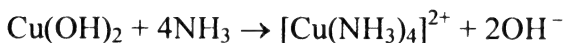
b) Dung dịch Y chứa  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$



$$0,15 \quad \rightarrow 0,15$$



$$0,1 \quad \rightarrow 0,1$$



$$0,1 \quad \rightarrow 0,1$$

$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = m_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = 107.0,1 = 10,7 \text{ gam}$$

**Ví dụ 4:** Chia 23,8 gam hỗn hợp X gồm Al, Mg và Fe thành hai phần bằng nhau. Phần 1 cho phản ứng với dung dịch NaOH dư, sinh ra 3,36 lít  $\text{H}_2$  (đktc) và còn lại chất rắn Y không tan. Cho toàn bộ Y phản ứng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng (dư) thu được 6,72 lít  $\text{SO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất, đktc). Cho phần 2 tác dụng với 240 gam dung dịch  $\text{HNO}_3$  31,5%, kết thúc các phản ứng thu được dung dịch A và 1,568 lít (đktc) hỗn hợp hai khí  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$  có tổng khối lượng 2,76 gam.

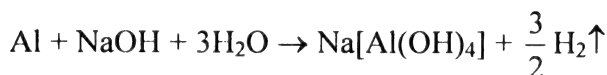
a) Tính khối lượng các muối tạo thành trong dung dịch A.

b) Dung dịch A hoà tan tối đa bao nhiêu gam Cu. Biết sản phẩm khử của  $\text{N}^{+5}$  là  $\text{N}^{+2}$ .

c) Tính thể tích dung dịch NaOH 1M tối thiểu cần dùng để phản ứng hết với dung dịch A.

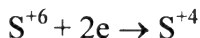
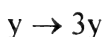
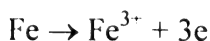
### Giải

a) • **Phần 1:** Mg và Fe không phản ứng



$$0,1 \quad \leftarrow \quad 0,15$$

Chất rắn Y gồm Mg và Fe.



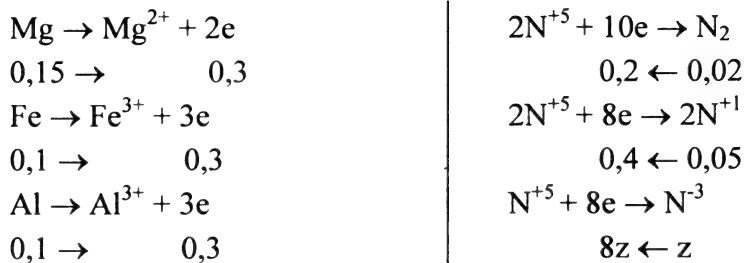
$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} 2\text{x} + 3\text{y} = 0,6 \\ 24\text{x} + 56\text{y} = 11,9 - 2,7 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{x} = 0,15 \\ \text{y} = 0,1 \end{cases}$$

• **Phần 2:** Gọi a, b lần lượt là số mol  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$  chứa trong 0,07 mol hỗn hợp.

$$\text{Ta cũng có hệ: } \begin{cases} \text{a} + \text{b} = 0,07 \\ 28\text{a} + 44\text{b} = 2,76 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{a} = 0,02 \\ \text{b} = 0,05 \end{cases}$$

$$\text{Vì } 2n_{\text{Mg}} + 3n_{\text{Fe}} + 3n_{\text{Al}} = 0,9 \text{ mol} > 10n_{\text{N}_2} + 8n_{\text{N}_2\text{O}} = 0,6 \text{ mol}$$

⇒ Có muối  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  tạo thành.



$$\Rightarrow z = \frac{0,3 + 0,3 + 0,3 - 0,2 - 0,4}{8} = 0,0375 \text{ mol}$$

⇒ Khối lượng muối trong dung dịch A là

$$m_{\text{Al}(\text{NO}_3)_3} = 213.0,1 = 21,3 \text{ gam}$$

$$m_{\text{Mg}(\text{NO}_3)_2} = 148.0,15 = 22,2 \text{ gam}$$

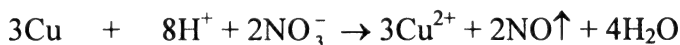
$$m_{\text{Fe}(\text{NO}_3)_3} = 242.0,1 = 24,2 \text{ gam}$$

$$m_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 80.0,0375 = 3 \text{ gam}$$

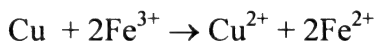
$$\text{b) } n_{\text{HNO}_3} \text{ ban đầu} = \frac{240.31,5}{100.63} = 1,2 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HNO}_3} \text{ phản ứng} = 12n_{\text{N}_2} + 10n_{\text{N}_2\text{O}} + 10n_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 1,115 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3} \text{ còn} = 1,2 - 1,115 = 0,085 \text{ mol}$$



$$0,031875 \leftarrow 0,085$$

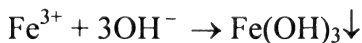


$$0,05 \leftarrow 0,1$$

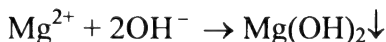
$$\Rightarrow m_{\text{Cu}} = 64(0,031875 + 0,05) = 5,24 \text{ gam}$$



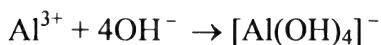
$$0,0375 \rightarrow 0,0375$$



$$0,1 \rightarrow 0,3$$



$$0,15 \rightarrow 0,3$$



$$0,1 \rightarrow 0,4$$

$$\Rightarrow n_{\text{NaOH}} = 0,0375 + 0,3 + 0,3 + 0,4 = 1,0375 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow V_{\text{dd NaOH}} = 1,0375 \text{ lít}$$

**Ví dụ 5:** Cho 8,7 gam hỗn hợp X gồm kim loại M (thuộc nhóm IIA) và Al tan hết vào 160 gam dung dịch  $\text{HNO}_3$  31,5%, sau khi kết thúc các phản ứng thu được dung dịch Y và 1,232 lít (đktc) hỗn hợp hai khí  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$  có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 17,636. Dung dịch Y phản ứng với dung dịch NaOH đun nóng không có khí thoát ra. Mặt khác, cho 4,2 gam kim loại M phản ứng với dung dịch HCl dư thì lượng khí thoát ra vượt quá 2,24 lít (đktc).

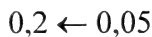
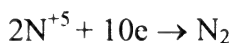
a) Xác định tên kim loại M

b) Cho 17,4 gam X trên vào nước dư, tính thể tích khí thoát ra (đktc).

***Giải***

a) Gọi a, b lần lượt là số mol  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$ . Ta có hệ:

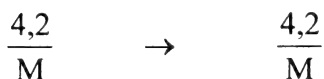
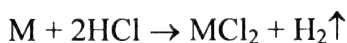
$$\begin{cases} a + b = 0,055 \\ 28a + 44b = 17,636 \cdot 2 \cdot 0,055 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,03 \\ b = 0,025 \end{cases}$$



$$\Rightarrow 2\text{x} + 3\text{y} = 0,5 \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } \text{Mx} + 27\text{y} = 8,7 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1)(2) rút ra: } \text{x} = \frac{4,2}{\text{M}-18} < 0,25 \Rightarrow \text{M} > 34,8 \quad (*)$$

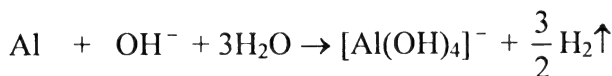
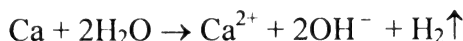


$$\Rightarrow \frac{4,2}{\text{M}} > 0,1 \Rightarrow \text{M} < 42 \quad (**)$$

$$\text{Từ (*) và (**) } \Rightarrow 34,8 < \text{M} < 42$$

Do M là kim loại thuộc nhóm IIA nên  $\text{M} = 40$  (Ca)

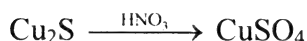
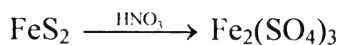
b) Trong 17,4 gam X có chứa 0,38 mol Ca và 0,078 mol Al. Ta có:



$$\Rightarrow V_{\text{H}_2} = (0,117 + 0,38) \cdot 22,4 = 11,1328 \text{ lít}$$

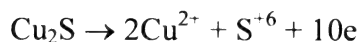
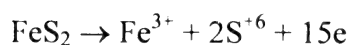
**Ví dụ 6:** Cho hỗn hợp gồm a mol FeS<sub>2</sub> và b mol Cu<sub>2</sub>S phản ứng hết với lượng vừa đủ dung dịch HNO<sub>3</sub>, thu được dung dịch X chỉ chứa 2 muối sunfat và 10,08 lít khí N<sub>2</sub>O (sản phẩm khử duy nhất, ở đktc). Tính giá trị của a và b.

**Giải**



Theo định luật bảo toàn điện tích:

$$3n_{\text{Fe}^{3+}} + 2n_{\text{Cu}^{2+}} = 2n_{\text{SO}_4^{2-}} \Rightarrow 3a + 4b = 2(2a + b) \Rightarrow a = 2b \quad (1)$$



$$\Rightarrow 15a + 10b = 3,6 \quad (2)$$

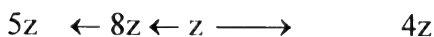
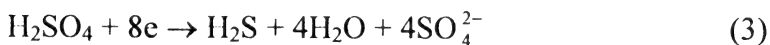
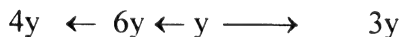
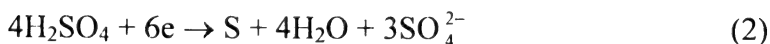
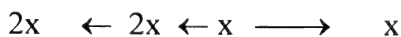
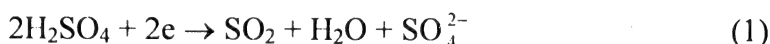
$$\text{Giải hệ (1)(2) ta được: } \begin{cases} a = 0,18 \text{ mol} \\ b = 0,09 \text{ mol} \end{cases}$$

## DẠNG 2: SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP ION - ELECTRON

Phương pháp này sử dụng để giải nhanh nhiều bài toán khó mà nếu giải bằng phương pháp thông thường thì rất mất thời gian thậm trí bế tắc. Lưu ý cách tính nhanh số mol anion tạo muối và số mol axit tham gia phản ứng trong phản ứng oxi - hóa khử.

a) Axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc

Không phụ thuộc vào **bản chất và số lượng các kim loại** ta luôn có các bán phản ứng khử:

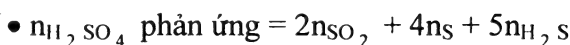
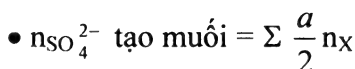


$$\Rightarrow n_{\text{SO}_4^{2-}} \text{ tạo muối} = n_{\text{SO}_2} + 3n_{\text{S}} + 4n_{\text{H}_2\text{S}}$$

$$= \frac{2}{2} n_{\text{SO}_2} + \frac{6}{2} n_{\text{S}} + \frac{8}{2} n_{\text{H}_2\text{S}} = \sum \frac{a}{2} n_{\text{X}}$$

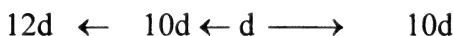
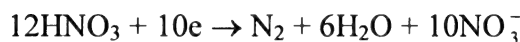
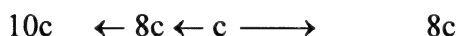
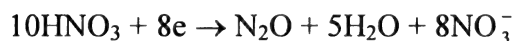
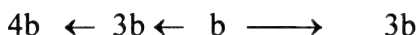
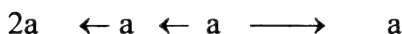
(a là số electron mà S<sup>+6</sup> nhận vào để tạo ra sản phẩm khử X)

**Ghi nhớ:**

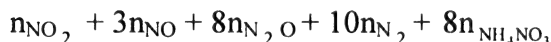


b) Axit  $\text{HNO}_3$

Tương tự như trên ta luôn có các bán phản ứng khử:



•  $n_{\text{NO}_3^-}$  tạo muối với cation kim loại =



•  $n_{\text{HNO}_3}$  phản ứng =  $2n_{\text{NO}_2} + 4n_{\text{NO}} + 10n_{\text{N}_2\text{O}} + 12n_{\text{N}_2} + 10n_{\text{NH}_4\text{NO}_3}$

**Chú ý:** - Các công thức trên **không** thể áp dụng nếu chất khử ban đầu không phải là kim loại.

- Nếu hỗn hợp ban đầu không hoàn toàn là kim loại thì ta nên quy hỗn hợp về các nguyên tố rồi dựa vào phương trình ion - electron của bán phản ứng oxi hoá và bán phản ứng khử để giải.

**Ví dụ 1:** Cho 29 gam hỗn hợp gồm Al, Cu và Ag tác dụng vừa đủ với 950 ml dung dịch  $\text{HNO}_3$  1,5M, thu được dung dịch chứa m gam muối và 5,6 lít hỗn hợp khí X (đktc) gồm NO và  $\text{N}_2\text{O}$ . Tỉ khối của X so với  $\text{H}_2$  là 16,4. Giá trị của m là

A. 98,20

B. 97,20

C. 98,75

D. 91,00

(Đề thi tuyển sinh Đại học năm 2012-Khoi B)

**Giải**

Gọi x, y lần lượt là số mol của NO và  $\text{N}_2\text{O}$  trong hỗn hợp X. Ta có hệ:

$$\begin{cases} x + y = 0,25 \\ 30x + 44y = 8,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,2 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

Giả sử chỉ có sản phẩm khử NO và N<sub>2</sub>O

$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3 \text{ phản ứng}} = 4n_{\text{NO}} + 10n_{\text{N}_2\text{O}} = 4.0,2 + 10.0,05 = 1,3 \text{ mol} < 1,425 \text{ mol}$$

$\Rightarrow$  Có muối NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> sinh ra.

$$n_{\text{HNO}_3 \text{ phản ứng}} = 4n_{\text{NO}} + 10n_{\text{N}_2\text{O}} + 10n_{\text{NH}_4\text{NO}_3}$$

$$\Rightarrow n_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{1,425 - 4.0,2 - 0,05.10}{10} = 0,0125 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow m_{\text{muối}} &= m_{\text{kl}} + m_{\text{NO}_3^-} (\text{tạo muối với ion kim loại}) + m_{\text{NH}_4\text{NO}_3} \\ &= 29 + 62(3.0,2 + 8.0,05 + 8.0,0125) + 80.0,0125 = 98,2 \text{ gam} \end{aligned}$$

$\Rightarrow$  Đáp án A

**Ví dụ 2:** Hòa tan hoàn toàn 0,1 mol FeS<sub>2</sub> trong 200 ml dung dịch HNO<sub>3</sub> 4M, sản phẩm thu được gồm dung dịch X và một chất khí thoát ra. Dung dịch X có thể hòa tan tối đa m gam Cu. Biết trong các quá trình trên, sản phẩm khử duy nhất của N<sup>+5</sup> đều là NO. Giá trị của m là

A. 12,8

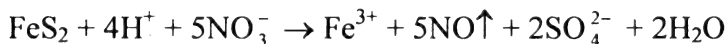
B. 6,4

C. 9,6

D. 3,2

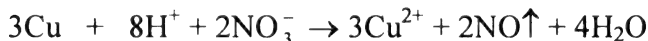
(Đề thi tuyển sinh Đại học năm 2012-Khối B)

**Giải**

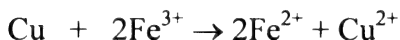


$$0,1 \rightarrow 0,4 \rightarrow 0,5 \rightarrow 0,1$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}^+ \text{ còn}} = 0,8 - 0,4 = 0,4 \text{ mol}; n_{\text{NO}_3^- \text{ còn}} = 0,8 - 0,5 = 0,3 \text{ mol}$$



$$0,15 \leftarrow 0,4 \rightarrow 0,1$$



$$0,05 \leftarrow 0,1$$

$$\Rightarrow m_{\text{Cu}} = 64.0,2 = 12,8 \text{ gam} \Rightarrow \text{Đáp án A}$$

**Ví dụ 3:** Cho 19,2 gam Cu vào 500 ml dung dịch NaNO<sub>3</sub> 1M, sau đó thêm vào 500 ml dung dịch HCl 2M. Kết thúc phản ứng thu được dung dịch X và khí NO duy nhất, phải thêm bao nhiêu ml dung dịch NaOH 1M vào X để kết tủa hết ion Cu<sup>2+</sup>

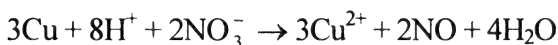
A. 120

B. 400

C. 600

D. 800

**Giải**



$$\text{Bđ: } 0,3 \quad 1 \quad 0,5$$

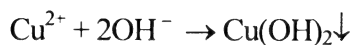
$$\text{Pư: } 0,3 \rightarrow 0,8 \rightarrow 0,2 \rightarrow 0,3$$

$$\text{Còn: } 0 \quad 0,2 \quad 0,3$$





$$0,2 \rightarrow 0,2$$



$$0,3 \rightarrow 0,6$$

$$\Rightarrow n_{\text{NaOH}} = 0,2 + 0,6 = 0,8 \text{ mol} \Rightarrow V = \frac{0,8}{1} = 0,8 \text{ lít} = 800 \text{ ml} \Rightarrow \text{Đáp án D}$$

**Ví dụ 4:** Chia 23,0 gam hỗn hợp M gồm Al, Cu và Mg thành hai phần bằng nhau. Phần 1 tác dụng với dung dịch HCl dư, sinh ra 5,6 lít  $\text{H}_2$  (đktc). Hoà tan hết phần 2 trong 120 gam dung dịch  $\text{HNO}_3$  63% đun nóng, kết thúc phản ứng thu được dung dịch X và 8,96 lít (đktc) hỗn hợp hai khí NO,  $\text{NO}_2$  có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 20. X tác dụng với dung dịch NaOH đun nóng, không có khí mùi khai thoát ra.

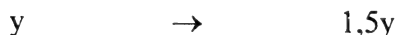
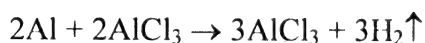
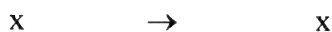
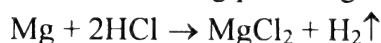
a) Tính phần trăm khối lượng mỗi chất trong M.

b) Tính nồng độ phần trăm các chất trong X. Coi nước bay hơi không đáng kể trong quá trình phản ứng.

### Giải

a)

• Phần 1: Cu không phản ứng

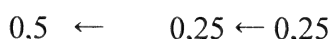
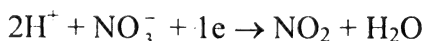
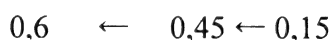
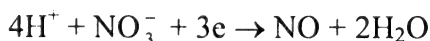
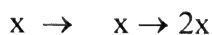


$$\Rightarrow n_{\text{H}_2} = x + 1,5y = 0,25 \quad (1)$$

• Phần 2: Gọi a, b lần lượt là số mol của NO và  $\text{NO}_2$  chứa trong 0,4 mol hỗn hợp khí.

$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} a + b = 0,4 \\ 30a + 46b = 16 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,15 \\ b = 0,25 \end{cases}$$

$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3 \text{ phản ứng}} = 4n_{\text{NO}} + 2n_{\text{NO}_2} = 1,1 \text{ mol} < n_{\text{HNO}_3 \text{ ban đầu}} = 1,2 \text{ mol}$  nên kim loại hết, axit còn



$$\Rightarrow 2x + 3y + 2z = 0,7 \quad (2)$$

$$\text{Mặt khác: } 24x + 27y + 64z = 11,5 \quad (3)$$

$$\text{Giải hệ (1), (2), (3) ta được: } \begin{cases} x = 0,22 \text{ mol} \\ y = 0,03 \text{ mol} \\ z = 0,085 \text{ mol} \end{cases}$$

Phần trăm khối lượng các chất trong M là

$$\%m_{\text{Al}} = \frac{27.0,03.100\%}{11,5} = 7,04\%$$

$$\%m_{\text{Mg}} = \frac{24.0,22.100\%}{11,5} = 45,91\%$$

$$\%m_{\text{Cu}} = 100\% - (7,04 + 45,91)\% = 47,05\%$$

b) Khối lượng dung dịch X là

$$11,5 + 120 - 30.0,15 - 46.0,25 = 115,5 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3} \text{ còn} = 1,2 - 1,1 = 0,1 \text{ mol}$$

Nồng độ phần trăm của các chất trong dung dịch X là

$$C\%_{\text{HNO}_3} = \frac{63.0,1.100\%}{115,5} = 5,45\%$$

$$C\%_{\text{Mg}(\text{NO}_3)_2} = \frac{148.0,22.100\%}{115,5} = 28,19\%$$

$$C\%_{\text{Cu}(\text{NO}_3)_2} = \frac{188.0,085.100\%}{115,5} = 13,83\%$$

$$C\%_{\text{Al}(\text{NO}_3)_3} = \frac{213.0,03.100\%}{115,5} = 5,53\%$$

**Ví dụ 5:** Cho 42 gam hỗn hợp X gồm Fe, Cu vào 1 lít dung dịch  $\text{HNO}_3$  1M, kết thúc phản ứng thu được dung dịch Y,  $V_1$  lít khí NO (sản phẩm khử duy nhất, đktc) và còn lại m gam Cu không tan. Nhỏ 800 ml dung dịch HCl 1M vào thì kim loại vừa tan hết và thu thêm  $V_2$  lít khí NO nữa.

a) Tính  $V_1$ ,  $V_2$  và m.

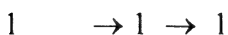
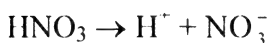
b) Tính phần trăm khối lượng các kim loại trong X.

**Giải**

a) Gọi x, y lần lượt là số mol Fe và Cu chứa trong 42 gam X. Ta có:

$$56x + 64y = 42 \quad (1)$$

$$n_{\text{HNO}_3} = 1 \text{ mol}; n_{\text{HCl}} = 0,8 \text{ mol}$$

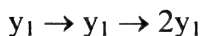
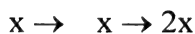




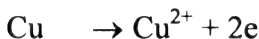
$$0,8 \rightarrow 0,8$$

$$\Rightarrow \sum n_{\text{H}^+} = 1 + 0,8 = 1,8 \text{ mol}$$

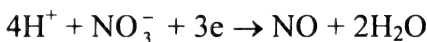
Vì Cu còn dư nên Fe chỉ bị oxi hoá lên  $\text{Fe}^{2+}$ . Khi nhỏ tiếp HCl vào hỗn hợp thực chất là thêm  $\text{H}^+$  thì do tính khử của  $\text{Fe}^{2+}$  yếu hơn Cu nên Cu phản ứng hết. Khi Cu vừa tan hết thì ngừng thêm  $\text{H}^+$  nên  $\text{Fe}^{2+}$  chưa bị oxi hoá thành  $\text{Fe}^{3+}$ .



Khi thêm HCl



Khi chưa thêm HCl

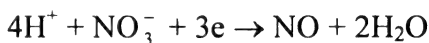


$$1 \rightarrow 0,25 \rightarrow 0,75 \rightarrow 0,25$$

$$n_{\text{NO}_3^-} \text{ còn} = 1 - 0,25 = 0,75 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow V_1 = 0,25.22,4 = 5,6 \text{ lít}$$

Khi thêm HCl



$$0,8 \rightarrow 0,2 \rightarrow 0,6 \rightarrow 0,2$$

$$\Rightarrow V_2 = 0,2.22,4 = 4,48 \text{ lít}$$

Theo định luật bảo toàn số mol electron.

$$\text{Ta có: } 2(\text{x} + \text{y}) = 0,75 + 0,6 \Rightarrow \text{x} + \text{y} = 0,675 \quad (2)$$

$$\text{Giải hệ (1)(2) ta được: } \begin{cases} \text{x} = 0,15 \\ \text{y} = 0,525 \end{cases}$$

$$\text{Mặt khác: } 2\text{x} + 2\text{y}_1 = 0,75 \Rightarrow \text{y}_1 = 0,225 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Cu}} \text{ dư} = \text{y} - \text{y}_1 = 0,525 - 0,225 = 0,3 \text{ mol} \Rightarrow \text{m} = 64.0,3 = 19,2 \text{ gam}$$

b) Phần trăm khối lượng các kim loại trong X là

$$\% \text{Fe} = \frac{56.0,15.100\%}{42} = 20\%$$

$$\% \text{Cu} = 100\% - 20\% = 80\%$$

**Ví dụ 6:** Hoà tan hết 0,03 mol hỗn hợp X gồm MgS, FeS và CuS trong dung dịch  $\text{HNO}_3$ , kết thúc các phản ứng thu được dung dịch Y (chỉ chứa muối nitrat và muối sunfat) và 0,15 mol hỗn hợp khí Z gồm  $\text{NO}_2$  và NO có tỉ khối so với 20,33. Cho Y phản ứng với dung dịch NaOH đun nóng, không có khí thoát ra. Số mol  $\text{HNO}_3$  đã phản ứng là

A. 0,16

B. 0,4

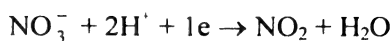
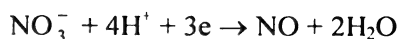
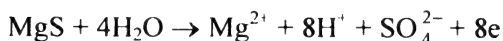
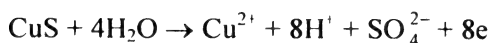
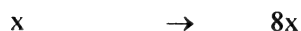
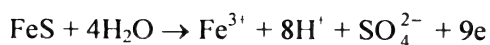
C. 0,5

D. 0,2

**Giải**

Gọi a, b lần lượt là số mol của  $\text{NO}_2$  và NO.

$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} \text{a} + \text{b} = 0,15 \\ 46\text{a} + 30\text{b} = 2.20,33.0,15 = 6,1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{a} = 0,1 \\ \text{b} = 0,05 \end{cases}$$



$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3} \text{ phản ứng} = 0,2 + 0,2 - 8(x + y + z) = 0,4 - 8 \cdot 0,03 = 0,16 \text{ mol}$$

$\Rightarrow$  Đáp án A

### DẠNG 3: SỬ DỤNG PHƯƠNG PHÁP QUY ĐỔI

#### a) Phương pháp quy đổi về nguyên tố

Dấu hiệu nhận dạng bài toán vận dụng phương pháp quy đổi:

- Bài toán hỗn hợp, trong đó tổng số chất và hợp chất nhiều hơn tổng số nguyên tố tạo thành hỗn hợp đó.

- Bài toán hỗn hợp các oxit, sunfua của kim loại; xác định thành phần các nguyên tố trong hỗn hợp phức tạp; các hợp chất khó xác định số oxi hóa  $\text{Cu}_2\text{FeS}_2$ ,  $\text{Cu}_2\text{FeS}_4$ , ...

*Các bước giải toán theo phương pháp quy đổi về nguyên tố*

• *Bước 1:* Quy hỗn hợp các chất về các nguyên tố tạo thành hỗn hợp. Đặt ẩn số thích hợp cho số mol nguyên tử các nguyên tố trong hỗn hợp.

• *Bước 2:* - Lập các phương trình dựa vào các định luật bảo toàn khối lượng, bảo toàn nguyên tố và bảo toàn số mol electron,...

- Lập các phương dựa vào các dữ kiện bài toán đã cho (nếu có).

• *Bước 3:* Giải hệ gồm các phương trình đã thiết lập được ở bước 2 và tính toán kết quả bài toán theo yêu cầu.

**Ví dụ 1:** Cho 18,4 gam hỗn hợp X gồm  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{FeS}_2$  và  $\text{FeS}$  tác dụng hết với  $\text{HNO}_3$  (đặc nóng, dư) thu được V lít khí chỉ có  $\text{NO}_2$  (ở đktc, sản phẩm khử duy nhất) và dung dịch Y. Cho toàn bộ Y vào một lượng dư dung dịch  $\text{BaCl}_2$ , thu được 46,6 gam kết tủa, còn khi cho toàn bộ Y tác dụng với dung dịch  $\text{NH}_3$  dư thu được 10,7 gam kết tủa. Giá trị của V là

A. 38,08

B. 11,2

C. 24,64

D. 16,8

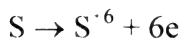
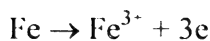
(Đề thi tuyển sinh Đại học năm 2012-Khoá A)

**Giải**

Quy X về Cu, Fe và S.

$$n_{\text{Fe}} = n_{\text{Fe(OH)}_3} = 0,1 \text{ mol}; n_{\text{S}} = n_{\text{BaSO}_4} = 0,2 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Cu}} = \frac{18,4 - 56 \cdot 0,1 - 32 \cdot 0,2}{64} = 0,1 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow a = 0,3 + 0,2 + 1,2 = 1,7 \text{ mol} \Rightarrow V = 38,08 \text{ lít}$$

$\Rightarrow$  Đáp án A

**Ví dụ 2:** Nung m gam hỗn hợp X gồm FeS và FeS<sub>2</sub> trong một bình kín chứa không khí (gồm 20% thể tích O<sub>2</sub> và 80% thể tích N<sub>2</sub>) đến khi các phản ứng xảy ra hoàn toàn, thu được một chất rắn duy nhất và hỗn hợp khí Y có thành phần thể tích: 84,8% N<sub>2</sub>, 14% SO<sub>2</sub>, còn lại là O<sub>2</sub>. Phần trăm khối lượng của FeS trong hỗn hợp X là

A. 59,46%.

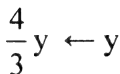
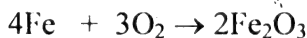
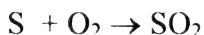
B. 19,64%.

C. 42,31%.

D. 26,83%.

**Giải**

**Cách 1:** Quy hỗn hợp thành Fe và S



$$\text{Ban đầu: } n_{\text{O}_2} = 0,2 \text{ (mol)} ; n_{\text{N}_2} = 0,8 \text{ (mol)}$$

$$\text{Sau phản ứng: } n_{\text{O}_2} = 0,2 - x - y ; n_{\text{N}_2} = 0,8 ; n_{\text{SO}_2} = x$$

$$\text{Tổng số mol khí sau phản ứng: } 0,2 - x - y + 0,8 + x = 1 - y$$

$$\%V_{\text{N}_2} = \frac{0,8}{1-y} = \frac{84,8}{100} \Rightarrow y = 0,0566 \text{ (mol)}$$

$$\%V_{\text{SO}_2} = \frac{x}{1-0,0566} = \frac{14}{100} \Rightarrow x = 0,132076 \text{ (mol)}$$

$$\text{Đặt } n_{\text{FeS}} = a \text{ (mol)} ; n_{\text{FeS}_2} = b \text{ (mol)}$$

$$\begin{cases} a + b = 0,0566 \cdot \frac{4}{3} \\ a + 2b = 0,132076 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,01885773 \\ b = 0,0566093 \end{cases}$$

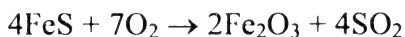
$$\Rightarrow \%m_{\text{FeS}} = \frac{0,01885773 \cdot 88 \cdot 100\%}{0,01885773 \cdot 88 + 120 \cdot 0,0566093} = 19,64\% \Rightarrow \text{Đáp án B}$$

Cách 2: Coi  $n_Y = 1 \text{ (mol)} \Rightarrow n_{N_2} = 0,848 \text{ (mol)}; n_{SO_2} = 0,14 \text{ (mol)};$

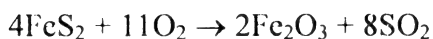
$$n_{O_2} (\text{dư}) = 1 - 0,848 - 0,14 = 0,012 \text{ (mol)}$$

$$\Rightarrow n_{O_2} (\text{ban đầu}) = \frac{0,848}{4} = 0,212 \text{ (mol)}$$

$$\Rightarrow n_{O_2} (\text{phản ứng}) = 0,212 - 0,012 = 0,2 \text{ (mol)}$$



$$\begin{array}{ccc} x & \frac{7}{4}x & x \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} y & \frac{11}{4}y & 2y \end{array}$$

Ta có hệ: 
$$\begin{cases} \frac{7}{4}x + \frac{11}{4}y = 0,2 \\ x + 2y = 0,14 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,02 \text{ (mol)} \\ y = 0,06 \text{ (mol)} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \%FeS = \frac{0,02.88.100\%}{0,02.88 + 0,06.120} = 19,64\%$$

**Ví dụ 3:** Cho 11,36 gam hỗn hợp X gồm Fe; FeO; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> phản ứng hết với dung dịch HNO<sub>3</sub> đặc, nóng (dư) thu được 17,472 lít khí thoát ra (đktc) và dung dịch Y. Cô cạn dung dịch Y thu được m gam muối khan. Giá trị của m là

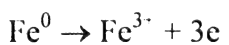
- A. 38,72                      B. 35,5                      C. 49,09                      D. 34,36

**Giải**

Quy hỗn hợp X về hai nguyên tố Fe: x mol và O: y mol.

$$\Rightarrow 56x + 16y = 11,36 \quad (1)$$

Quá trình oxi hóa



$$\begin{array}{ccc} x & x & 3x \end{array}$$



$$\begin{array}{ccc} y & & 2y \end{array}$$

Quá trình khử



$$0,18 \leftarrow 0,18$$

$$\Rightarrow 3x + 2y = 0,78 \quad (2)$$

Giải hệ (1), (2) ta được: x = 0,16 mol; y = 0,15 mol

$$\Rightarrow n_{Fe(NO_3)_3} = n_{Fe^{3+}} = 0,16 \text{ mol} \Rightarrow m_{Fe(NO_3)_3} = 242 \times 0,16 = 38,72 \text{ gam}$$

$\Rightarrow$  Đáp án A.

**Ví dụ 4:** Hòa tan hoàn toàn m gam hỗn hợp A gồm Fe, FeS, FeS<sub>2</sub>, S trong dung dịch HNO<sub>3</sub> đặc, đun nóng (dư), thu được dung dịch B và 9,072 lít khí NO<sub>2</sub> (sản phẩm khử duy nhất, đktc). Cho B tác dụng với dung dịch BaCl<sub>2</sub> dư thu được 11,65 gam kết tủa trắng. Giá trị của m là

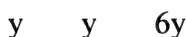
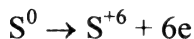
- A. 3,56                      B. 4,02                      C. 2,15                      D. 2,1

**Giải**

Coi hỗn hợp A gồm x mol Fe và y mol S

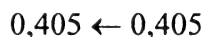
- A + HNO<sub>3</sub> đặc, dư:

Quá trình oxi hóa



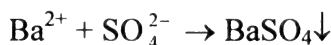
$$\Rightarrow 3x + 6y = 0,405$$

Quá trình khử



(\*)

- B + dd BaCl<sub>2</sub>:  $n_{\text{BaSO}_4} = \frac{11,65}{233} = 0,05$



$$\Rightarrow y = 0,05 \text{ mol}$$

Thay y và (\*) ta tìm được: x = 0,035 mol

$$\Rightarrow m = 56 \times 0,035 + 32 \times 0,05 = 3,56 \text{ gam} \Rightarrow \text{Đáp án A}$$

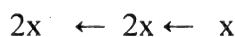
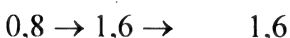
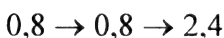
**Ví dụ 5:** Đốt cháy hoàn toàn m gam hỗn hợp X gồm FeS<sub>2</sub> và một oxit sắt cần dùng 0,6 mol O<sub>2</sub> thu được 0,4 mol Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và 0,4 mol SO<sub>2</sub>. Cho m gam hỗn hợp X trên tác dụng với dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc nóng, dư đến khi các phản ứng xảy ra hoàn toàn, sản phẩm khử duy nhất là SO<sub>2</sub> thì số mol H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> tham gia phản ứng là bao nhiêu?

- A. 3,0 mol.                      B. 2,8 mol.                      C. 2,4 mol.                      D. 2,0 mol.

**Giải**

Quy X về Fe, S và O. Ta có:  $n_{\text{Fe}} = 2n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 0,8 \text{ mol}$ ;  $n_{\text{S}} = n_{\text{SO}_2} = 0,4 \text{ mol}$ .

$$\Rightarrow n_{\text{O}}(\text{X}) = 3n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + 2n_{\text{SO}_2} - 2n_{\text{O}_2} = 0,8 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow 2,4 + 1,6 - 1,6 = 2x \Rightarrow x = 1,2 \text{ mol}$$

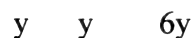
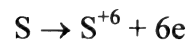
$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ phản ứng} = 2.1,2 + 0,8 - 0,8 = 2,4 \text{ mol} \Rightarrow \text{Đáp án C}$$

**Ví dụ 6:** Hòa tan hoàn toàn 40 gam hỗn hợp gồm  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{FeS}$  bằng dung dịch  $\text{HNO}_3$  thì thu được dung dịch X chỉ chứa hai muối và 4 mol  $\text{NO}_2$ , không có kết tủa tạo ra. Cho dung dịch  $\text{NH}_3$  dư vào dung dịch X, lọc lấy kết tủa đem nung đến khối lượng không đổi thì thu được bao nhiêu gam chất rắn?

- A. 32,0.      B. 21,4      C. 24,0. D. 16,0.

**Giải**

Quy hỗn hợp về Fe, S và Cu. Ta có:  $56x + 32y + 64z = 40$  (1)

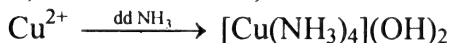
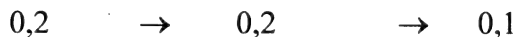
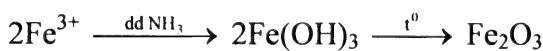


$$\Rightarrow 3x + 2z + 6y = 4 \quad (2)$$

Dung dịch thu được chỉ chứa hai muối nên

$$3n_{\text{Fe}^{3+}} + 2n_{\text{Cu}^{2+}} = 2n_{\text{SO}_4^{2-}} \Rightarrow 3x + 2z = 2y \text{ hay } 3x - 2y + 2z = 0 \quad (3)$$

$$\text{Giải hệ (1), (2) và (3) ta được: } \begin{cases} x = 0,2 \text{ mol} \\ y = 0,5 \text{ mol} \\ z = 0,2 \text{ mol} \end{cases}$$



$$\Rightarrow m_{\text{CR}} = 160.0,1 = 16 \text{ gam} \Rightarrow \text{Đáp án D}$$

**Ví dụ 7:** Hoà tan hết 17,92 gam hỗn hợp X gồm  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (trong đó oxi chiếm 25,446% phần trăm về khối lượng) trong dung dịch  $\text{HNO}_3$ , kết thúc các phản ứng thu được dung dịch Y và 1,736 lít hỗn hợp khí Z gồm  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$ . Tỉ khối của Z so với  $\text{H}_2$  là 15,29. Cho  $\text{NaOH}$  vào Y rồi đun nóng, không có khí thoát ra. Số mol  $\text{HNO}_3$  đã phản ứng với X là

- A. 1,215 mol      B. 0,645 mol      C. 1,392 mol      D. 0,75 mol

**Giải**

Gọi a, b lần lượt là số mol của  $\text{N}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}$ . Ta có hệ:

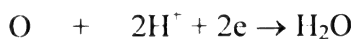
$$\begin{cases} a + b = \frac{1,736}{22,4} = 0,0775 \\ 28a + 44b = 15,29.2.0,0775 = 2,37 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,065 \\ b = 0,0125 \end{cases}$$



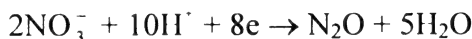
Cho NaOH vào Y rồi đun nóng, không có khí thoát ra chứng tỏ không có phản ứng tạo muối  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .

$$n_{\text{O(X)}} = \frac{17,92.25,446}{16.100} = 0,285 \text{ mol}$$

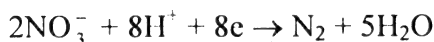
Quy X về Fe, Cu, Al và O. Để tính số mol  $\text{HNO}_3$  phản ứng, ta dựa vào bán phản ứng khử sau:



$$0,285 \rightarrow 2.0,285$$



$$10.0,0125 \leftarrow 0,0125$$



$$8.0,065 \leftarrow 0,065$$

$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3 \text{ phản ứng}} = 2.0,285 + 10.0,0125 + 8.0,065 = 1,215 \text{ mol}$$

$\Rightarrow$  Đáp án A

**Ví dụ 8:** Hoà tan hết 2,44 gam hỗn hợp X gồm  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cu}$  và  $\text{Cu}_2\text{S}$  trong 50 gam dung dịch  $\text{HNO}_3$  63% đun nóng, thu được dung dịch Y trong đó nồng độ của axit giảm xuống còn 39,13% và 4,368 lít  $\text{NO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất, đktc). Coi rằng nước bay hơi không đáng kể trong quá trình phản ứng. Tổng khối lượng của nguyên tố sắt trong 2,44 gam X là

- A. 0,84 gam      B. 0,56 gam      C. 1,12 gam      D. 1,68 gam

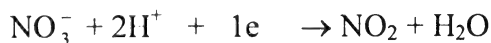
**Giải**

$$n_{\text{NO}_2} = \frac{4,368}{22,4} = 0,195 \text{ mol} \Rightarrow m_Y = 2,44 + 50 - 46.0,195 = 43,47 \text{ gam ;}$$

$$n_{\text{HNO}_3 \text{ ban đầu}} = \frac{50.63}{100.63} = 0,5 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HNO}_3 \text{ còn}} = \frac{39,13.43,47}{100.63} = 0,27 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{HNO}_3 \text{ phản ứng}} = 0,5 - 0,27 = 0,23 \text{ mol}$$

Quy Y về Fe, Cu và S.



$$0,39 \leftarrow 0,195 \leftarrow 0,195$$

Theo định luật bảo toàn electron:  $3x + 2y + 6z = 0,195 \quad (1)$

Mặt khác:  $n_{\text{HNO}_3 \text{ phản ứng}} = n_{\text{H}^+ \text{ phản ứng}} = 0,39 - 8z = 0,23 \Rightarrow z = 0,02 \text{ mol}$

$$(1) \Rightarrow 3x + 2y = 0,075 \quad (2)$$

$$\text{Ngoài ra: } 56x + 64y + 32 \cdot 0,02 = 2,44 \Rightarrow 56x + 64y = 1,8 \quad (3)$$

$$\text{Giải hệ (2), (3) ta được: } \begin{cases} x = 0,015 \text{ mol} \\ y = 0,015 \text{ mol} \end{cases} \Rightarrow \Sigma m_{\text{Fe}} = 0,84 \text{ gam} \Rightarrow \text{Đáp án A}$$

**Ví dụ 9:** Hoà tan hoàn toàn 40 gam hỗn hợp gồm  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{FeS}$  bằng dung dịch  $\text{HNO}_3$  thì thu được dung dịch X chỉ chứa hai muối và 4 mol  $\text{NO}_2$ , không có kết tủa tạo ra. Cho dung dịch  $\text{NH}_3$  tới dư vào dung dịch X, lọc lấy kết tủa đem nung đến khối lượng không đổi thì thu được bao nhiêu gam chất rắn?

A. 21,4.

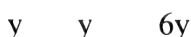
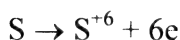
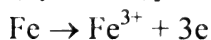
B. 16,0.

C. 24,0.

D. 32,0.

**Giải**

$$\text{Quy hỗn hợp về Fe, S và Cu. Ta có: } 56x + 32y + 64z = 40 \quad (1)$$

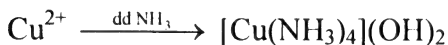
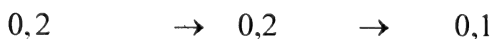
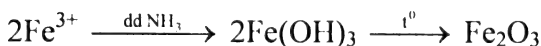


$$\Rightarrow 3x + 2z + 6y = 4 \quad (2)$$

Dung dịch thu được chỉ chứa hai muối nên

$$3n_{\text{Fe}^{3+}} + 2n_{\text{Cu}^{2+}} = 2n_{\text{SO}_4^{2-}} \Rightarrow 3x + 2z = 2y \text{ hay } 3x - 2y + 2z = 0 \quad (3)$$

$$\text{Giải hệ (1), (2) và (3) ta được: } \begin{cases} x = 0,2 \text{ mol} \\ y = 0,5 \text{ mol} \\ z = 0,2 \text{ mol} \end{cases}$$



$$\Rightarrow m_{\text{CR}} = 160 \cdot 0,1 = 16 \text{ gam}$$

$\Rightarrow$  Đáp án B

**Ví dụ 10:** Chia 42,72 gam hỗn hợp X gồm  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Cu}$  và  $\text{Fe}$  thành hai phần bằng nhau. Phần 1 tác dụng với lượng dư khí  $\text{CO}$  đun nóng, kết thúc các phản ứng thu được chất rắn khan có khối lượng giảm 3,36 gam so với khối lượng phần 1. Cho phần 2 tác dụng hết với 200 gam dung dịch  $\text{HNO}_3$  31,5%, sau khi kết thúc các phản ứng thu được dung dịch Y và 2,464 lít khí  $\text{NO}$  (sản phẩm khử duy nhất, đktc).

- a) Tính số mol  $\text{HNO}_3$  đã phản ứng.  
 b) Dung dịch Y hoà tan tối đa bao nhiêu gam Cu. Biết sản phẩm khử của  $\text{N}^{+5}$  là  $\text{N}^{+2}$  duy nhất.  
 c) Cho Y tác dụng với lượng dư dung dịch  $\text{NH}_3$ . Tính khối lượng kết tủa thu được sau khi kết thúc các phản ứng.

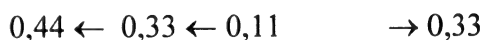
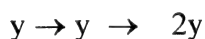
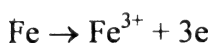
### Giải

a) Quy X về Fe, Cu và O.

• Phần 1 + CO,  $t^0$ :

$$\Rightarrow n_{\text{O}} (\text{trong mỗi phần}) = \frac{3,36}{16} = 0,21 \text{ mol}$$

• Phần 2 +  $\text{HNO}_3$ :  $n_{\text{NO}} = \frac{2,464}{22,4} = 0,11 \text{ mol}$ ;  $n_{\text{HNO}_3} \text{ ban đầu} = \frac{200.31,5}{63.100} = 1 \text{ mol}$



$$\Rightarrow 3x + 2y = 0,42 + 0,33 = 0,75 \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } 56x + 64y = 21,36 - 16.0,21 = 18 \quad (2)$$

Giải hệ (1)(2) ta được:  $\begin{cases} x = 0,15 \text{ mol} \\ y = 0,15 \text{ mol} \end{cases}$

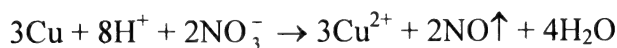
$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3} \text{ phản ứng} = 0,42 + 0,44 = 0,86 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}^+} \text{ còn} = 1 - 0,86 = 0,14 \text{ mol};$$

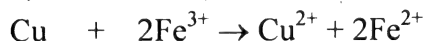
$$n_{\text{NO}_3^-} \text{ còn} = 1 - 0,11 = 0,89 \text{ mol}$$

b) Dung dịch Y gồm:

$$0,15 \text{ mol Fe}^{3+}; 0,15 \text{ mol Cu}^{2+}; 0,14 \text{ mol H}^+ \text{ và } 0,89 \text{ mol NO}_3^-.$$



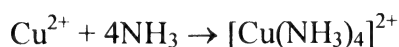
$$0,0525 \leftarrow 0,14$$

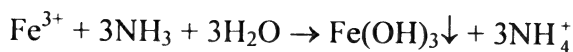


$$0,075 \leftarrow 0,15$$

$$\Rightarrow m_{\text{Cu}} = (0,0525 + 0,075).64 = 8,16 \text{ gam}$$

c) Y +  $\text{NH}_3$  dư:





$$0,15 \rightarrow 0,15$$

$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = 107.0,15 = 16,05 \text{ gam}$$

### **b) Phương pháp quy đổi về phân tử**

Một vài chú ý khi sử dụng phương pháp quy đổi về phân tử:

1. Khi quy hỗn hợp nhiều chất (hỗn hợp X) thành hỗn hợp hai hay chỉ còn một chất ta phải bảo toàn số mol nguyên tố hay bảo toàn khối lượng của hỗn hợp.

2. Có thể quy đổi hỗn hợp X về bất kì cặp nào, thậm chí quy về một chất. Tuy nhiên ta nên chọn cặp chất nào, thậm chí quy đổi về một chất. Tuy nhiên ta nên chọn cặp chất nào đơn giản có ít phản ứng oxi hóa - khử nhất để đơn giản việc tính toán.

3. Trong quá trình tính toán theo phương pháp quy đổi đôi khi ta gặp số âm đó là do sự bù trừ khối lượng các chất trong hỗn hợp. Trong trường hợp này ta vẫn tính toán bình thường và kết quả cuối cùng vẫn thỏa mãn.

4. Khi quy đổi hỗn hợp X về một chất  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  thì oxit  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  tìm được chỉ là oxit giả định không có thực.

**Ví dụ 1:** Cho 8,96 lít hỗn hợp 2 khí  $\text{H}_2$  và  $\text{CO}$  (đktc) đi qua ống sứ đựng 0,2 mol  $\text{Al}_2\text{O}_3$  và 0,3 mol  $\text{CuO}$  nung nóng đến phản ứng hoàn toàn thu được chất rắn X. X phản ứng vừa đủ trong 0,5 lít dung dịch  $\text{HNO}_3$  có nồng độ  $a$  M (sản phẩm khử là khí  $\text{NO}$  duy nhất). Giá trị của  $a$  là

A. 3,67.

B. 2,80.

C. 4,00.

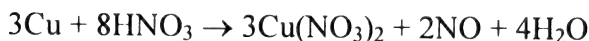
D. 2,00.

**Giải**

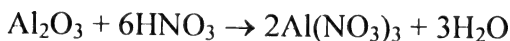
Quy hỗn hợp khí về  $\text{H}_2$ : 0,4 (mol)



$$0,3 \rightarrow 0,3 \rightarrow 0,3$$



$$0,3 \rightarrow 0,8$$



$$0,2 \rightarrow 1,2$$

$$\Rightarrow a = \frac{1,2 + 0,8}{0,5} = 4 \text{ M} \Rightarrow \text{Đáp án C}$$

**Ví dụ 2:** Nung 8,4 gam Fe trong không khí, sau phản ứng thu được  $m$  gam chất rắn X gồm Fe,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  và FeO. Hòa tan  $m$  gam hỗn hợp X vào dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng (dư), thu được 1,12 lít  $\text{SO}_2$  (đktc). Giá trị của  $m$  là

A. 11,2 gam

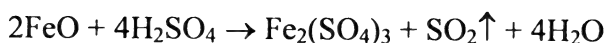
B. 10,2 gam

C. 7,2 gam

D. 6,9 gam

**Giải**

• Quy hỗn hợp X về hai chất FeO,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$



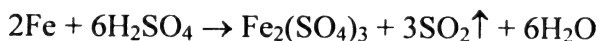
$$0,1 \longleftarrow 0,05$$

Áp dụng ĐLBT nguyên tố:

$$n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{1}{2} (n_{\text{Fe}} - n_{\text{FeO}}) = \frac{1}{2} \left( \frac{8,4}{56} - 0,1 \right) = 0,025 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 160.0,025 + 72.0,1 = 11,2 \text{ gam} \Rightarrow \text{Đáp án A}$$

- Quy hỗn hợp X về hai chất Fe, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:



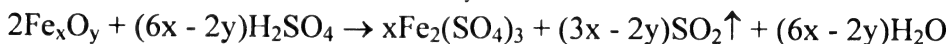
$$0,1/3 \longleftarrow 0,05$$

$\Rightarrow$  Áp dụng ĐLBT nguyên tố:

$$n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{1}{2} (n_{\text{Fe}} - n_{\text{Fe(X)}}) = \frac{1}{2} \left( \frac{8,4}{56} - 0,1/3 \right) = \frac{0,35}{6} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 160. \frac{0,35}{6} + 56. \frac{0,1}{3} = 11,2 \text{ gam} \Rightarrow \text{Đáp án A}$$

- Quy hỗn hợp X về một chất Fe<sub>x</sub>O<sub>y</sub>



$$0,1/(3x - 2y) \longleftarrow 0,05$$

$$\Rightarrow n_{\text{Fe}} = 0,15 = 0,1x/(3x - 2y) \Rightarrow \frac{x}{y} = \frac{6}{7} (\text{Fe}_6\text{O}_7)$$

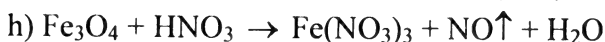
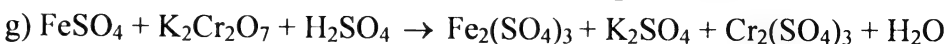
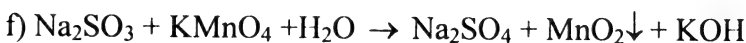
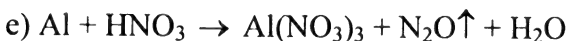
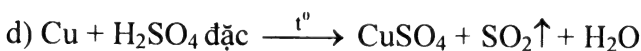
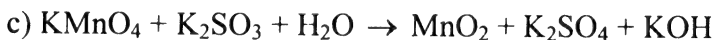
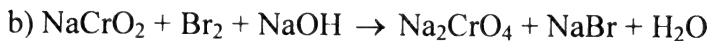
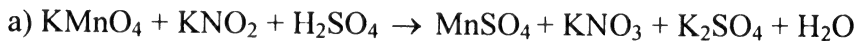
$$\Rightarrow m = 448. \frac{0,1}{3.6 - 2.7} = 11,2 \text{ gam} \Rightarrow \text{Đáp án A}$$

*Chú ý:* Vẫn có thể quy hỗn hợp X về hai chất (FeO và Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) hoặc (Fe và FeO) hoặc (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> và Fe) nhưng việc tính toán sẽ trở nên phức tạp hơn.

## C. BÀI TẬP

1. Cân bằng các phương trình phản ứng sau theo phương pháp thăng bằng electron.

Với mỗi phản ứng cho biết chất oxi hoá, chất khử, sự oxi hoá và sự khử?



- i)  $\text{Fe} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{N}_x\text{O}_y + \text{H}_2\text{O}$
- k)  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{N}_x\text{O}_y + \text{H}_2\text{O}$
- l)  $\text{Fe}_x\text{O}_y + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- m)  $\text{M}_x\text{O}_y + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{M}(\text{NO}_3)_n + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- n)  $\text{Fe}_x\text{O}_y + \text{CO} \rightarrow \text{Fe}_n\text{O}_m + \text{CO}_2$
- o)  $\text{FeS}_2 + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Fe}(\text{NO}_3)_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- p)  $\text{Cu}_2\text{S} + \text{HNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{NO}\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- x)  $\text{As}_2\text{S}_3 + \text{KClO}_3 \rightarrow \text{H}_3\text{AsO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{KCl}$
- s)  $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{S}\downarrow + \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

2. Hoàn thành và cân bằng các phản ứng sau bằng phương pháp ion – electron:

- a)  $\text{KMnO}_4 + \text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- b)  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
- c)  $\text{FeO} + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- d)  $\text{NaCrO}_2 + \text{O}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
- e)  $\text{Cr}(\text{OH})_3 + \text{Br}_2 + \text{NaOH} \rightarrow$
- f)  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 6\text{KI} + 7\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- g)  $\text{CuS} + \text{HNO}_3 \text{ đặc} \rightarrow$
- i)  $\text{FeS}_2 + \text{HNO}_3 \text{ loãng} \rightarrow$
- k)  $\text{KMnO}_4 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

3. Hoàn thành và cân bằng các phản ứng sau theo phương pháp thăng bằng electron:

- a)  $\text{Al} + \text{HNO}_3 \rightarrow$
- b)  $\text{H}_2\text{S} + \text{KMnO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- c)  $\text{Fe} + \text{HNO}_3 \rightarrow$
- d)  $\text{FeSO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$

4. Đem gam bột Fe trong không khí sau một thời gian thu được chất rắn A nặng 12 gam gồm Fe, FeO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>. Hoà tan hoàn toàn A bằng dung dịch HNO<sub>3</sub> loãng dư thấy có 2,24 lít khí NO duy nhất sinh ra (đktc) và thu được dung dịch chỉ chứa muối Fe duy nhất.

- a) Viết các phương trình phản ứng xảy ra
- b) Tính m

c) Hỗn hợp X gồm Fe và Cu có khối lượng 6 gam. Tỉ lệ khối lượng giữa Fe và Cu là 7 : 8. Cho X vào 1 lượng dung dịch HNO<sub>3</sub> khuấy đều cho phản ứng xảy ra hoàn toàn thì được một phần chất rắn Y nặng 4,32 gam, dung dịch muối sắt và khí NO. Tính lượng muối sắt tạo thành trong dung dịch.

5. Hỗn hợp X gồm FeS<sub>2</sub> và MS có số mol như nhau, M là kim loại có hoá trị II không đổi. Cho 5,208 gam X tác dụng hoàn toàn với lượng dư dung dịch HNO<sub>3</sub> đun nóng, thu được dung dịch A<sub>1</sub> và 10,5728 lít hỗn hợp khí A<sub>2</sub> (đktc) có khối lượng là 21,072 gam gồm NO<sub>2</sub> và NO. Thêm một lượng dư dung dịch BaCl<sub>2</sub> loãng vào A<sub>1</sub> thấy tạo thành m<sub>1</sub> gam chất kết tủa trong dung dịch dư axit trên.

- a) Cho biết tên kim loại M
- b) Tính giá trị của  $m_1$
6. Để xác định hàm lượng oxi tan trong nước người ta lấy 100,00 ml nước rồi cho ngay  $\text{MnSO}_4$  (dư) và  $\text{NaOH}$  vào nước. Sau khi lắc kỹ (không cho tiếp xúc với không khí)  $\text{Mn(OH)}_2$  bị oxi hoá thành  $\text{MnO(OH)}_2$ . Thêm axit (dư), khi ấy  $\text{MnO(OH)}_2$  bị  $\text{Mn}^{2+}$  khử thành  $\text{Mn}^{3+}$ . Cho  $\text{KI}$  (dư) vào hỗn hợp,  $\text{Mn}^{3+}$  oxi hoá  $\text{I}^-$  thành  $\text{I}_3^-$ . Chuẩn độ  $\text{I}_3^-$  hết 10,50 ml  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  9,800.10<sup>-3</sup> M.
- a) Viết các phương trình ion của các phản ứng đã xảy ra trong thí nghiệm.
- b) Tính hàm lượng (mg/l) của oxi tan trong nước.
7. Nhúng hai tấm kẽm, mỗi tấm có khối lượng 10 gam vào hai dung dịch muối kim loại hoá trị II. Sau một thời gian xác định, lấy hai tấm kẽm ra khỏi dung dịch, rửa sạch, làm khô rồi cân lại. Kết quả cho thấy một tấm có khối lượng 9,55 gam, tấm kia có khối lượng 17,1 gam. Cho biết: Một trong hai dung dịch muối kim loại hoá trị II là muối sắt (II); lượng kẽm tham gia phản ứng ở hai dung dịch là như nhau.
- a) Giải thích hiện tượng xảy ra ở mỗi dung dịch.
- b) Cho biết kim loại nào tham gia vào thành phần dung dịch muối thứ hai.
- (Đề thi HSGQG năm 2005 - 2006)
8. Hoà tan 7,20 gam sắt cục chứa  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  vào một lượng rất dư dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng rồi thêm nước cất đến thể tích đúng 500 ml. Lấy 25 ml dung dịch đó rồi thêm dần 12,50 ml dung dịch  $\text{KMnO}_4$  0,096 M thì xuất hiện màu hồng tím trong dung dịch.
- a) Xác định hàm lượng (phần trăm về khối lượng) của Fe tinh khiết trong sắt cục.
- b) Nếu lấy cùng một khối lượng sắt cục có cùng hàm lượng của Fe tinh khiết nhưng chứa tạp chất FeO và làm lại thí nghiệm giống như trên thì lượng dung dịch  $\text{KMnO}_4$  0,096 M cần dùng là bao nhiêu?
9. Hỗn hợp bột A gồm 3 kim loại Mg, Zn, Al. Khi hoà tan hết 7,5 gam A vào 1 lít dung dịch  $\text{HNO}_3$  thu được 1 lít dung dịch B và hỗn hợp khí D gồm NO và  $\text{N}_2\text{O}$ . Thu khí D vào bình dung tích 3,2 lít có chứa sẵn  $\text{N}_2$  ở 0°C và 0,23 atm thì nhiệt độ trong bình tăng lên đến 27,3°C, áp suất tăng lên đến 1,10 atm, khối lượng bình tăng thêm 3,72 gam. Nếu cho 7,5 gam A vào dung dịch KOH dư thì sau khi kết thúc phản ứng khối lượng dung dịch tăng thêm 5,82 gam. Tính thành phần phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong A.
10. Hỗn hợp X gồm 2 kim loại Al và Cu. Cho 18,2 gam X vào 100 ml dung dịch Y chứa  $\text{H}_2\text{SO}_4$  12M và  $\text{HNO}_3$  2M, đun nóng tạo ra dung dịch Z và 8,96 lít (đktc) hỗn hợp T gồm NO và khí D không màu. Hỗn hợp T có tỉ khối so với hiđro là 23,5. Tính khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp đầu và tổng khối lượng muối trong dung dịch Z.
11. Hòa tan a gam hỗn hợp Cu và Fe (trong đó Fe chiếm 30% về khối lượng) bằng 50 ml dung dịch  $\text{HNO}_3$  63% ( $d = 1,38$  g/ml), khuấy đều cho tới phản ứng hoàn toàn thu được chất rắn A cân nặng 0,75a gam, dung dịch B và 6,104 lít

hỗn hợp khí NO và NO<sub>2</sub> (đktc). Hỏi cô cạn dung dịch B thu được bao nhiêu gam muối khan?

12. X, Y là kim loại đơn hóa trị II và III. Hòa tan hết 14,0 gam hỗn hợp X, Y bằng axit HNO<sub>3</sub> thoát ra 14,784 lít (27,3<sup>0</sup>C và 1,1atm) hỗn hợp 2 khí oxit có màu nâu và có tỉ khối so với He = 9,56, dung dịch nhận được chỉ chứa nitrat kim loại. Cùng lượng hỗn hợp 2 kim loại trên cho tác dụng với axit HCl dư thì cũng thoát ra 14,784 lít khí (27,3<sup>0</sup>C và 1atm) và còn lại 3,2 gam chất rắn không tan. Xác định X, Y và tính % lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp đầu.

13. Cho 21,52 gam hỗn hợp A gồm kim loại X đơn hóa trị II và muối nitrat của nó vào bình kín dung tích không đổi 3 lít (không chứa không khí) rồi nung bình đến nhiệt độ cao để phản ứng xảy ra hoàn toàn, sản phẩm thu được là oxit kim loại. Sau phản ứng đưa bình về 54,6<sup>0</sup>C thì áp suất trong bình là P. Chia đôi chất rắn trong bình sau phản ứng: phần 1 phản ứng vừa đủ với 667 ml dung dịch HNO<sub>3</sub> nồng độ 0,38M thoát ra khí NO duy nhất và dung dịch chỉ chứa nitrat kim loại. Phần 2 phản ứng vừa hết với 300 ml dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng 0,2M thu được dung dịch B.

a) Xác định kim loại X và tính % lượng mỗi chất trong A.

b) Tính P.

14. Hòa tan hoàn toàn 2,52 gam hỗn hợp Mg và Al bằng dung dịch HCl thu được 2,688 lít hidro (đktc). Cùng lượng hỗn hợp này nếu hòa tan hoàn toàn bằng H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc nóng thì thu được 0,03 mol một sản phẩm duy nhất hình thành do sự khử S<sup>+6</sup>.

a) Xác định sản phẩm duy nhất nói trên.

b) Nếu hòa tan hoàn toàn cùng lượng hỗn hợp trên bằng dung dịch HNO<sub>3</sub> 10,5% (d = 1,2 g/ml) thì thu được 0,03 mol một sản phẩm duy nhất hình thành do sự khử N<sup>+5</sup>. Tính thể tích tối thiểu dung dịch HNO<sub>3</sub> đã dùng.

15. Một miếng Mg bị oxi hóa một phần được chia làm 2 phần bằng nhau:

- Phần 1 cho hòa tan hết trong dung dịch HCl thì thoát ra 3,136 lít khí. Cô cạn dung dịch thu được 14,25 gam chất rắn A.

- Phần 2 cho hòa tan hết trong dung dịch HNO<sub>3</sub> thì thoát ra 0,448 lít khí X nguyên chất. Cô cạn dung dịch thu được 23 gam chất rắn B.

a) Tính % số mol Mg đã bị oxi hóa.(các thể tích khí đều đo ở đktc)

b) Xác định khí X.

16. Cho 23,52 gam hỗn hợp 3 kim loại Mg, Fe, Cu vào 200 ml dung dịch HNO<sub>3</sub> 3,4M khuấy đều thấy thoát ra một khí duy nhất hơi nặng hơn không khí, trong dung dịch còn dư một kim loại chưa tan hết, đổ tiếp từ từ dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 5M vào, chất khí trên lại thoát ra cho đến khi kim loại vừa tan hết thì mất đúng 44 ml, thu được dung dịch A. Lấy 1/2 dung dịch A, cho dung dịch NaOH cho đến dư vào, lọc kết tủa, rửa rồi nung ngoài không khí đến khối lượng không đổi thu được chất rắn B nặng 15,6 gam. Tính % số mol mỗi kim loại trong hỗn hợp.



17. Cho từ từ khí CO qua ống chứa 6,4 gam CuO đun nóng. Khí ra khỏi ống được hấp thụ hoàn toàn bằng 150 ml nước vôi trong nồng độ 0,1M thấy tách ra 1,0 gam kết tủa trắng, đun sôi phần nước lọc lại thấy có vẩn đục. Chất rắn còn lại trong ống được cho vào 500 ml dung dịch HNO<sub>3</sub> 0,32M thoát ra V<sub>1</sub> lít khí NO. Nếu thêm 760 ml dung dịch HCl 1,333M vào dung dịch sau phản ứng thì lại thoát ra thêm V<sub>2</sub> lít khí NO nữa. Nếu tiếp tục thêm 24 gam Mg thì thấy thoát ra V<sub>3</sub> lít khí hỗn hợp khí N<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>, lọc dung dịch cuối cùng thu được chất rắn X.

a) Tính V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub> (đktc).

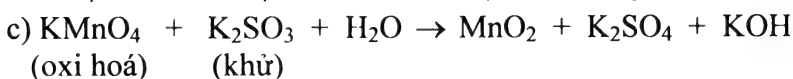
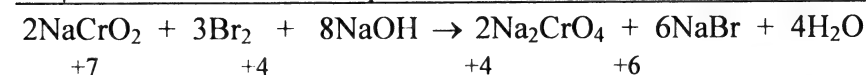
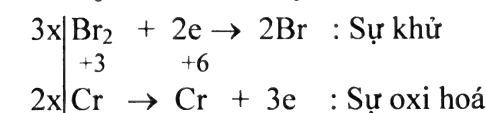
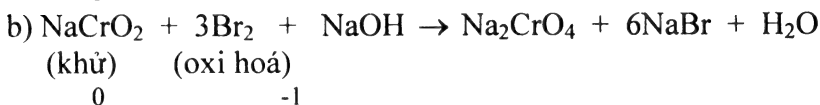
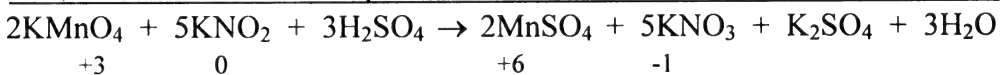
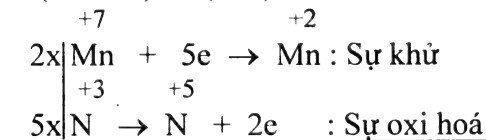
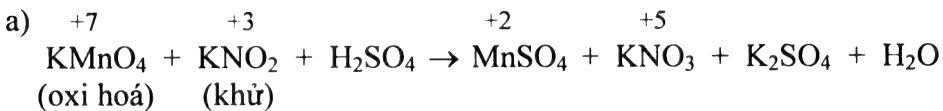
b) Tính thành phần X (giả thiết các phản ứng xảy ra hoàn toàn).

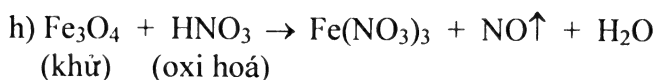
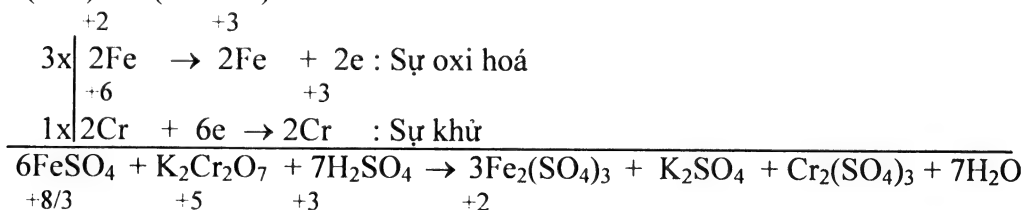
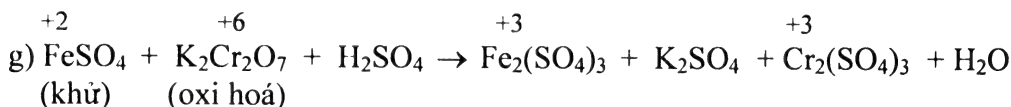
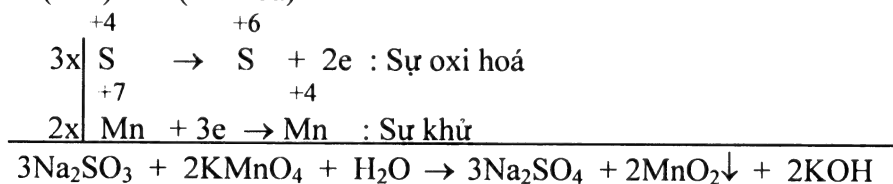
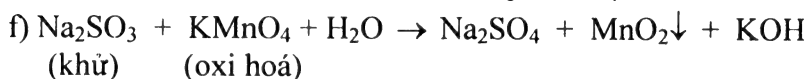
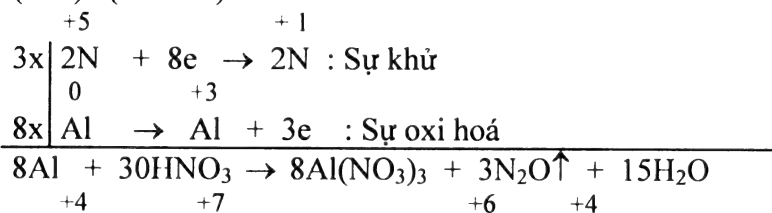
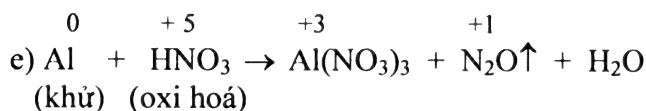
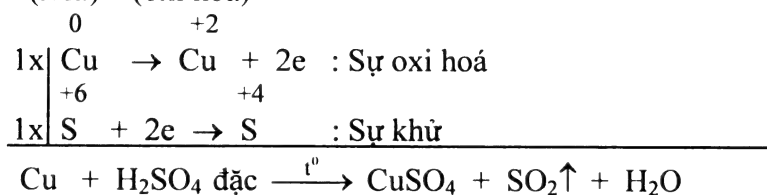
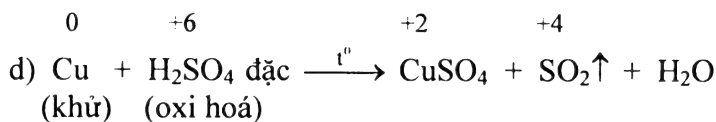
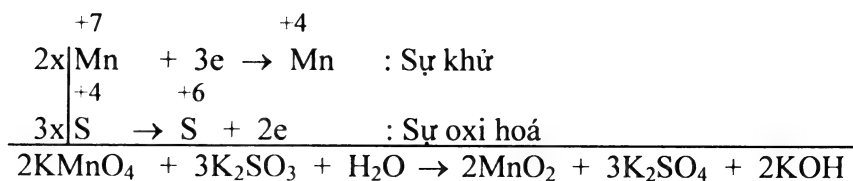
18. Hòa tan 17,4 gam hỗn hợp 3 kim loại Al, Cu, Fe trong dung dịch HCl dư thấy thoát ra 8,96 lít khí (đktc). Nếu cho 34,8 gam hỗn hợp trên tác dụng với dung dịch CuSO<sub>4</sub> dư rồi lọc chất rắn tạo ra hòa tan bằng HNO<sub>3</sub> thì thoát ra 26,88 lít hỗn hợp khí (đktc) có tỉ khối so với oxi bằng 1,271. Viết các phương trình phản ứng và tính khối lượng mỗi kim loại trong 17,4 gam hỗn hợp ban đầu.

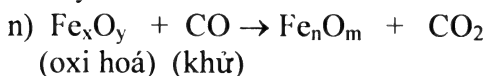
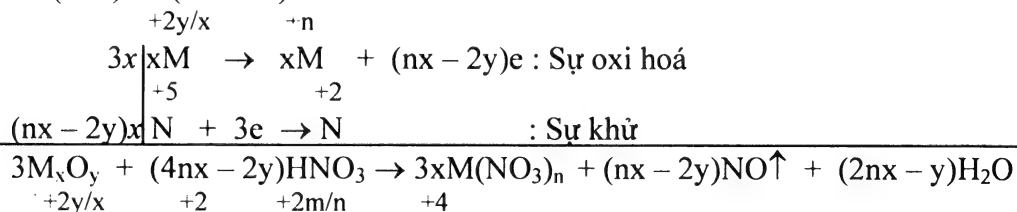
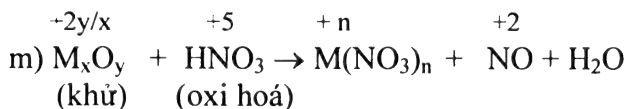
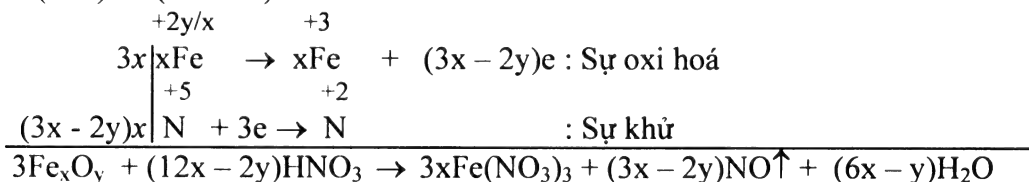
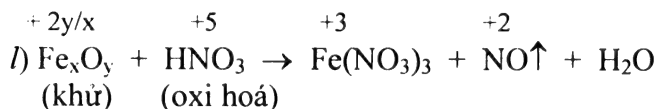
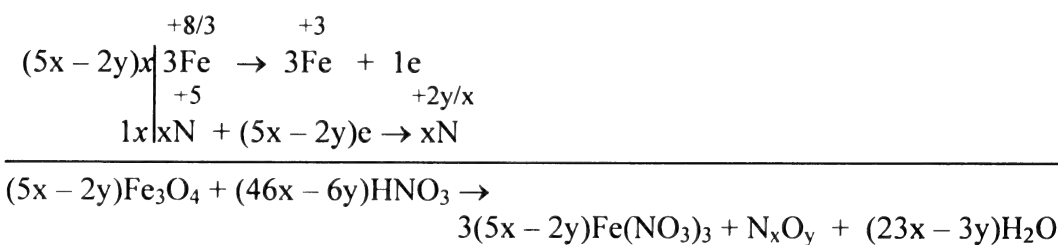
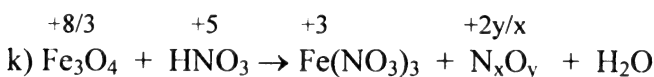
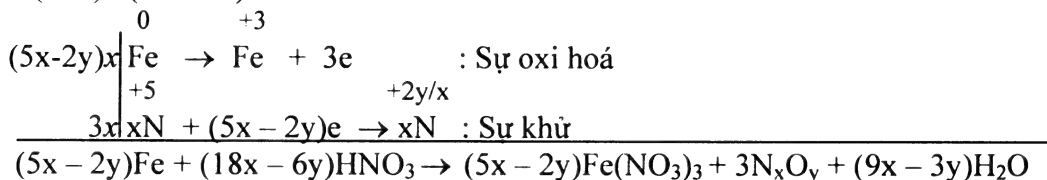
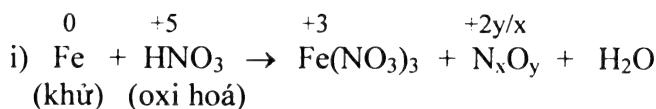
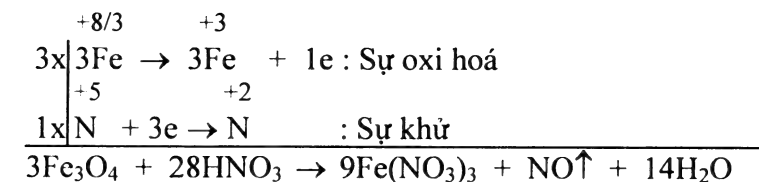
19. Trộn CuO với một oxit kim loại đơn hóa trị II theo tỉ lệ mol 1:2 được hỗn hợp A. Dẫn một luồng khí H<sub>2</sub> dư đi qua 3,6 gam A nung nóng thu được hỗn hợp B. Để hòa tan hết B cần 60 ml dung dịch HNO<sub>3</sub> nồng độ 2,5M và thu được V lít khí NO duy nhất (đktc) và dung dịch chỉ chứa nitrat kim loại. Xác định kim loại hóa trị II nói trên và tính V.

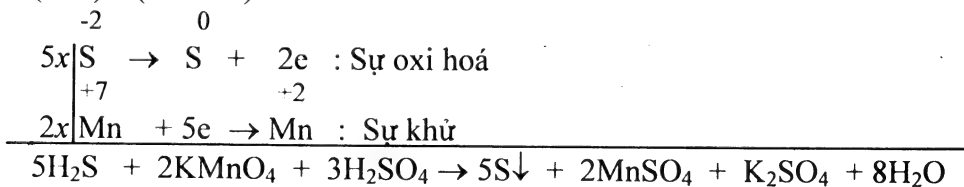
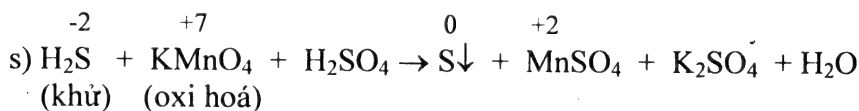
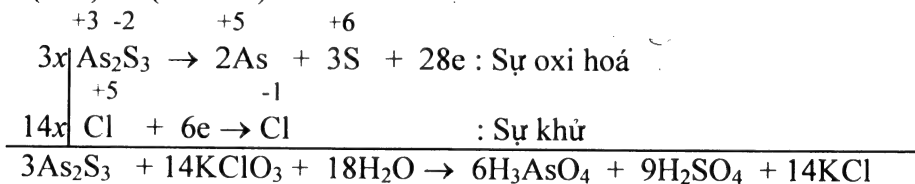
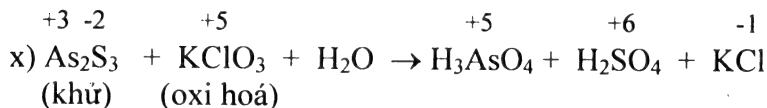
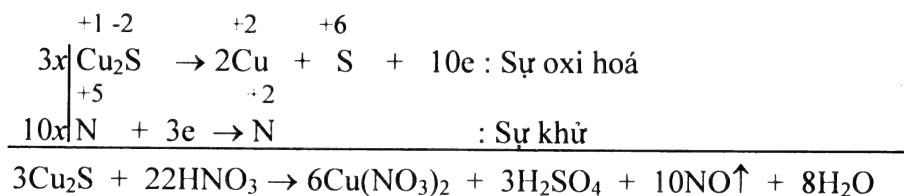
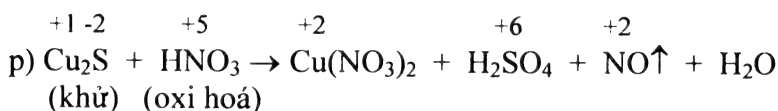
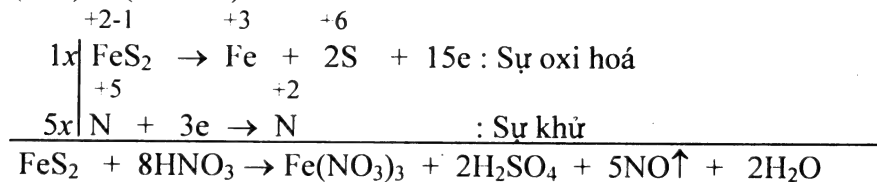
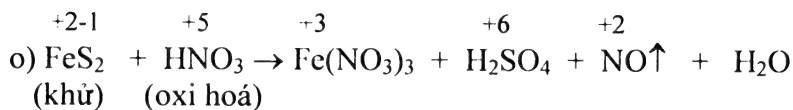
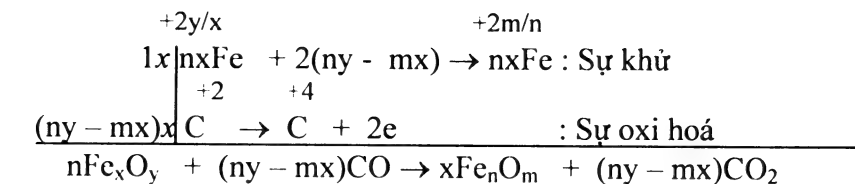
## D. HƯỚNG DẪN GIẢI

1.

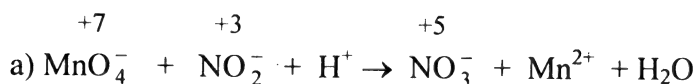


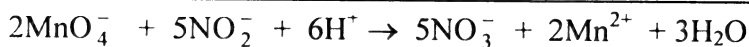
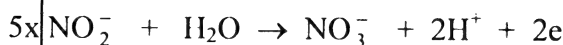
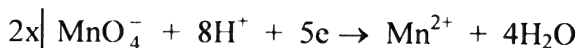




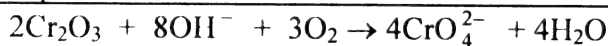
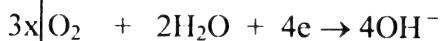
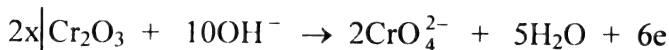
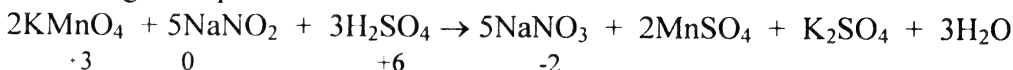


2.

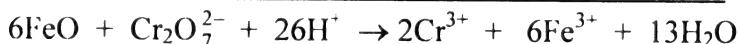
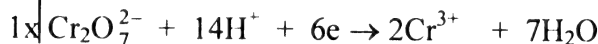
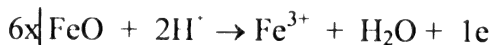
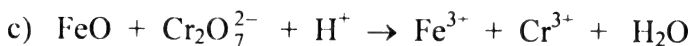
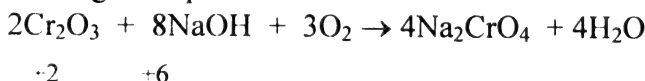




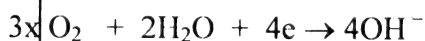
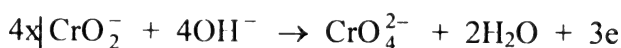
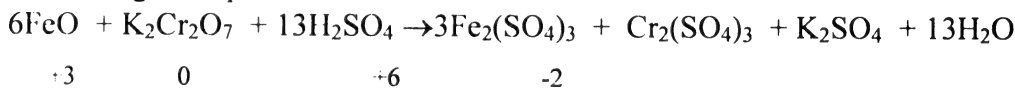
⇒ Phương trình phân tử:



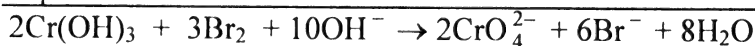
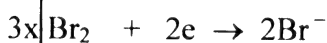
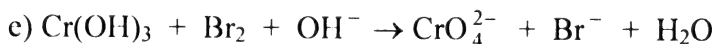
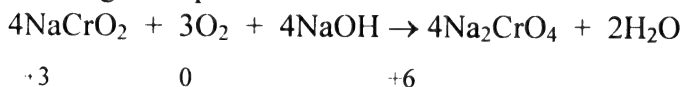
⇒ Phương trình phân tử:



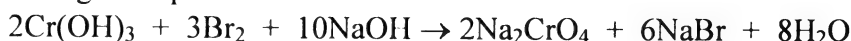
⇒ Phương trình phân tử:

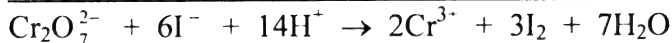
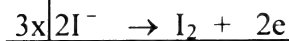
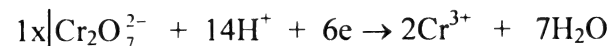


⇒ Phương trình phân tử:

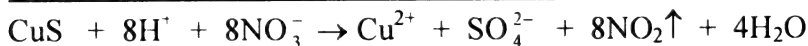
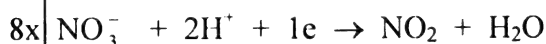
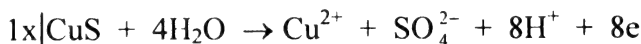
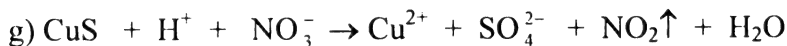
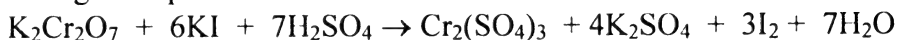


⇒ Phương trình phân tử:





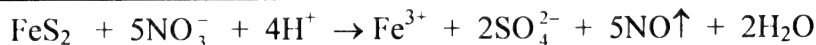
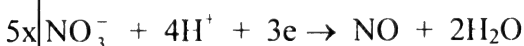
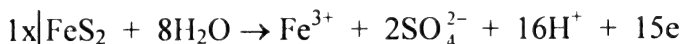
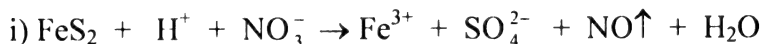
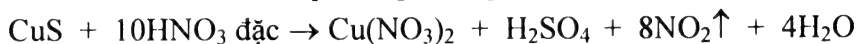
⇒ Phương trình phân tử:



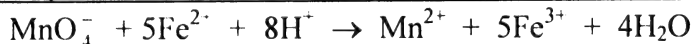
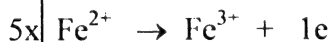
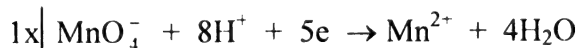
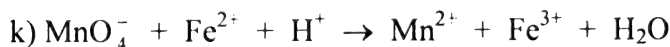
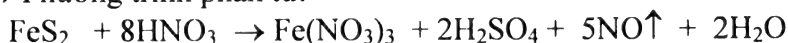
⇒ Phương trình phân tử:



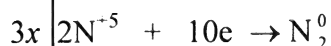
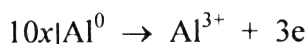
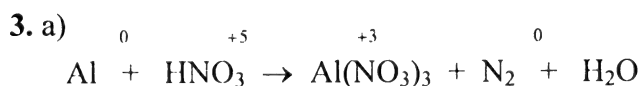
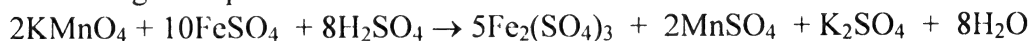
Nếu axit dư thì có thể có phương trình phân tử:

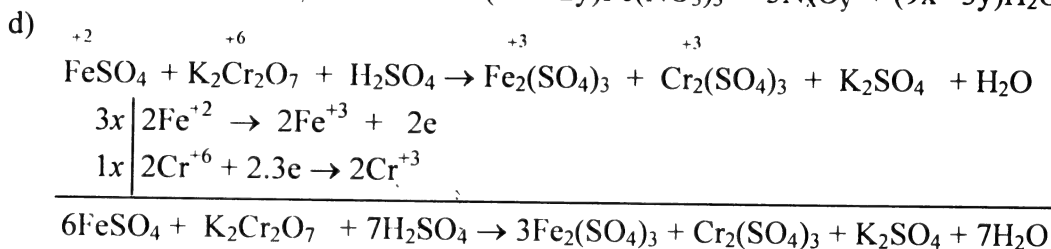
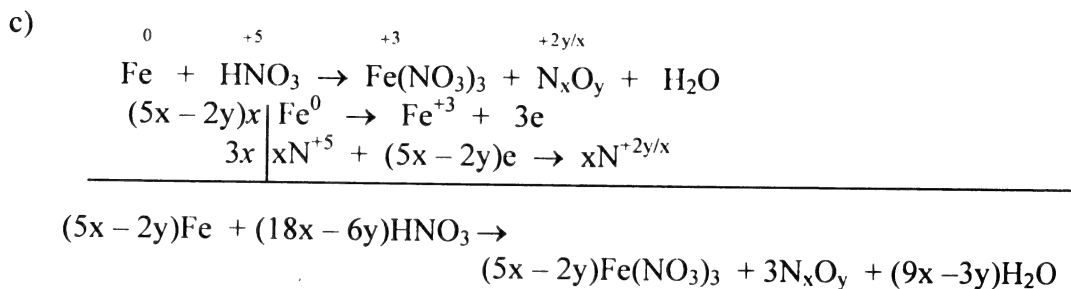
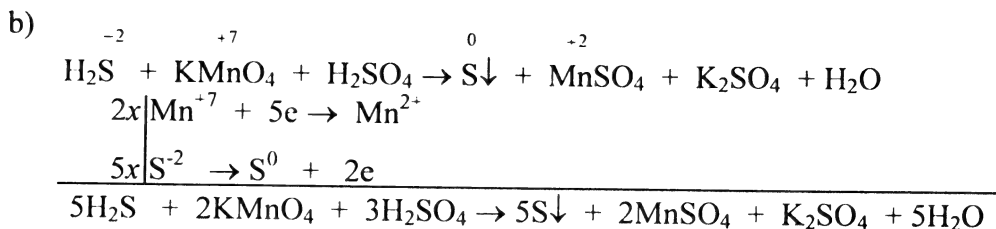


⇒ Phương trình phân tử:



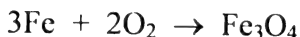
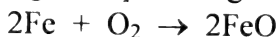
⇒ Phương trình phân tử:



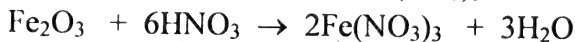
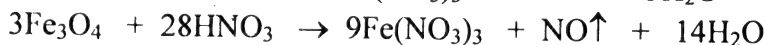
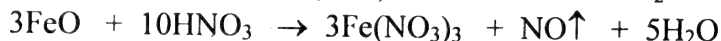


4.

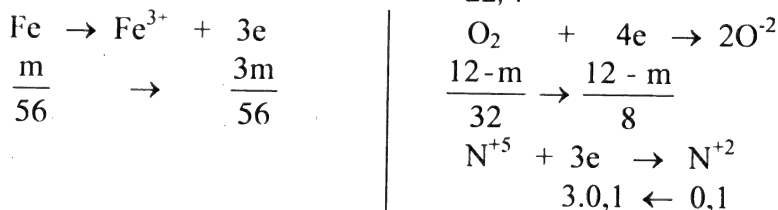
a) Các phương trình phản ứng



• A + HNO<sub>3</sub>:



$$\text{b) } m_{\text{O}_2} = 12 - m \Rightarrow n_{\text{O}_2} = \frac{12 - m}{32} ; n_{\text{NO}} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ mol}$$



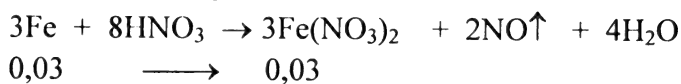
$$\Rightarrow \frac{3m}{56} = \frac{12 - m}{8} + 3,0,1 \Rightarrow m = 10,08 \text{ gam}$$

$$c) m_{Fe} = \frac{7.6}{15} = 2,8 \text{ gam}; m_{Cu} = 6 - 2,8 = 3,2 \text{ gam} < m_Y = 4,32 \text{ gam}$$

⇒ Y gồm Cu (chưa phản ứng) và Fe còn và dung dịch muối sắt là  $Fe(NO_3)_2$

$$\Rightarrow m_{Fe \text{ phản ứng}} = 2,8 - (4,32 - 3,2) = 1,68 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow n_{Fe \text{ phản ứng}} = \frac{1,68}{56} = 0,03 \text{ mol}$$

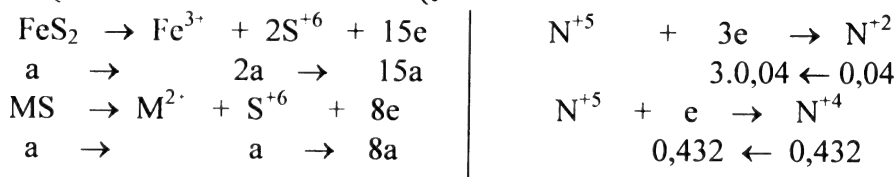


$$\Rightarrow m_{\text{muối}} = 0,03.180 = 5,4 \text{ gam}$$

5.

a) Đặt  $n_{NO} = x \text{ mol}$ ;  $n_{NO_2} = y \text{ mol}$

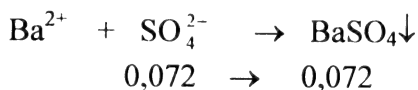
$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} x + y = 0,472 \\ 46x + 30y = 21,072 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,432 \text{ mol} \\ y = 0,04 \text{ mol} \end{cases}$$



$$\Rightarrow 15a + 8a = 3.0,04 + 0,432 \Rightarrow a = 0,024 \text{ mol}$$

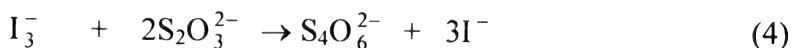
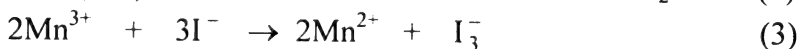
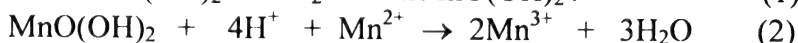
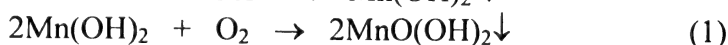
$$\Rightarrow 120.0,024 + (M + 32).0,024 = 5,208 \Rightarrow M = 65 \text{ (Zn)}$$

$$b) n_{SO_4^{2-}} = 3a = 0,072 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow m_l = 0,072.233 = 16,776 \text{ gam}$$

6. a) Các phương trình phản ứng:



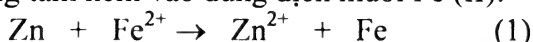
b)

$$\begin{aligned} (1)(2)(3)(4) \Rightarrow n_{O_2} &= \frac{1}{2} n_{MnO(OH)_2} = \frac{1}{2} n_{Mn^{3+}} = \frac{1}{4} n_{S_2O_3^{2-}} \\ &= \frac{10,50.9,800.10^{-3}}{4} = 0,0257 \text{ mmol} \end{aligned}$$

$$\text{Hàm lượng (mg / l) của oxi tan trong nước: } \frac{0,0257.32}{0,1} = 8,232 \text{ mg / l}$$

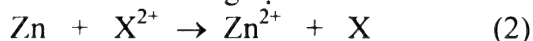


7. a) Khi nhúng tấm kẽm vào dung dịch muối Fe (II):



Vì  $M_{\text{Fe}} = 56 \text{ gam/mol} < M_{\text{Zn}} = 65 \text{ gam/mol}$  nên khối lượng tấm kẽm giảm đi.

Khi nhúng tấm kẽm vào dung dịch muối thứ hai  $\text{X}^{2+}$



Vì:  $M_{\text{Zn}} < M_{\text{X}}$  nên khối lượng tấm kẽm tăng lên.

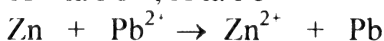
b) Gọi x là số mol Zn đã phản ứng, theo (1) ta có:

$$(10 - 65x) + 56x = 9,55 \Rightarrow x = 0,05 \text{ mol}$$

Vì lượng Zn tham gia phản ứng ở 2 trường hợp là như nhau, theo (2) ta có:

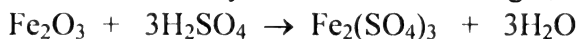
$$(10 - 65 \cdot 0,05) + M_{\text{X}} \cdot 0,05 = 17,1 \Rightarrow M_{\text{X}} = 207.$$

Vậy  $\text{X}^{2+}$  là  $\text{Pb}^{2+}$ , X là Pb



8.

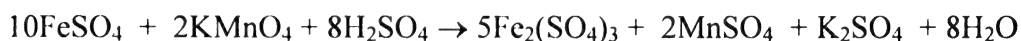
a) Gọi x là số mol  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  và y là số mol Fe có trong 7,180 g sắt cục.



$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{FeSO}_4} = 3x + y - x = (2x + y) \text{ mol}$$

Số mol  $\text{FeSO}_4$  có trong 25 ml dung dịch thu được là

$$\frac{25(2x+y)}{500} = \frac{2x+y}{20} \text{ mol}$$



$$\frac{2x+y}{20} \rightarrow \frac{2x+y}{100}$$

$$\Rightarrow n_{\text{KMnO}_4} = \frac{2x+y}{100} = \frac{12,5 \cdot 0,096}{1000} \Rightarrow 2x + y = 0,12 \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } 160x + 56y = 7,2 \quad (2)$$

Giải hệ (1)(2) ta được:

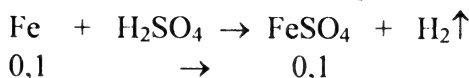
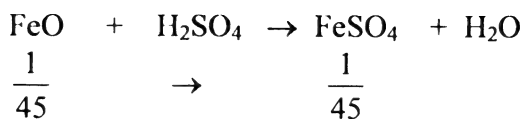
$$\begin{cases} x = 0,01 \text{ mol} \\ y = 0,10 \text{ mol} \end{cases}$$

Hàm lượng sắt tinh khiết là

$$\frac{56 \cdot 0,1 \cdot 100\%}{7,20} = 77,77\%$$

b) Nếu tạp chất là FeO thì

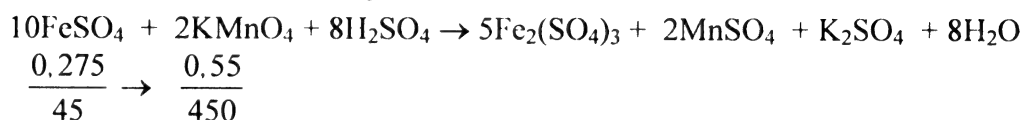
$$n_{\text{FeO}} = \frac{7,2 - 5,6}{72} = \frac{1}{45} \text{ mol}$$



$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{FeSO}_4} = 0,1 + \frac{1}{45} = \frac{5,5}{45} \text{ mol}$$

Số mol  $\text{FeSO}_4$  có trong 25 ml dung dịch thu được là

$$\frac{25.5,5}{500.45} = \frac{0,275}{45} \text{ mol}$$

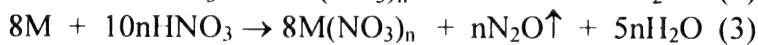
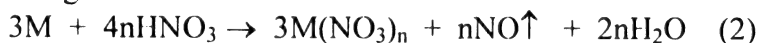


$$\Rightarrow V_{\text{dung dịch KMnO}_4} = \frac{0,55}{450.0,096} = \frac{11}{864} \text{ lít}$$

9. Gọi x, y, z lần lượt là số mol Mg, Zn và Al có trong 7,5 gam hỗn hợp A. Ta có:

$$24x + 65y + 27z = 7,5 \quad (1)$$

- Phương trình hoà tan:



Với Mg: n = 2, Zn: n = 2, Al: n = 3 (có thể viết từng phản ứng riêng biệt)

- Tính tổng số mol hỗn hợp khí D:

Nếu đưa toàn bộ bình khí (chứa hỗn hợp C và  $\text{N}_2$ ) về  $0^\circ\text{C}$  thì ở  $V = \text{const}$ , ta có:

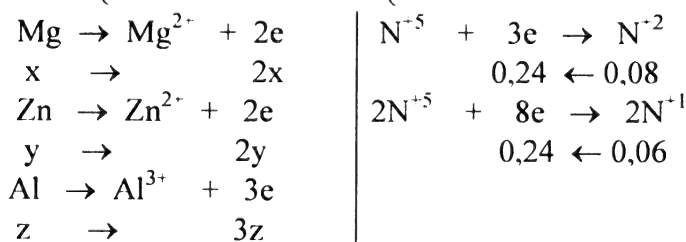
$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \Rightarrow P_1 = \frac{P_2 \cdot T_1}{T_2} = \frac{1,1(273+0)}{(273+27,3)} = 1 \text{ atm}$$

$$\Rightarrow P_D = P_1 - P_{\text{N}_2} = 1 - 0,23 = 0,77 \text{ atm}$$

$$\Rightarrow n_D = \frac{P_D V}{RT_1} = \frac{0,77.3,2}{0,082.273} = 0,11 \text{ mol}$$

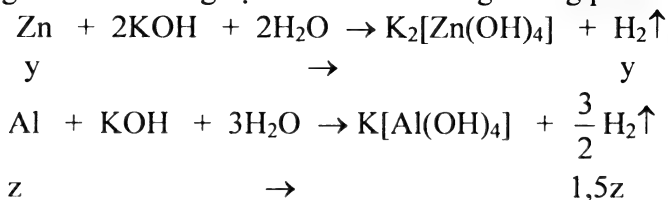
Gọi a, b lần lượt là số mol NO và  $\text{N}_2\text{O}$ . Ta có hệ:

$$\begin{cases} a + b = 0,11 \\ 30a + 44b = 3,72 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,08 \text{ mol} \\ b = 0,03 \text{ mol} \end{cases}$$



$$\Rightarrow 2x + 2y + 3z = 0,48 \quad (4)$$

- Khi cho 7,5 gam A vào dung dịch KOH dư thì Mg không phản ứng.



⇒ Độ giảm khối lượng dung dịch:

$$(65 - 2)y + (27 - 1,5)z = 5,82 \quad (5)$$

$$\text{Giải hệ (1)(4)(5) ta được: } \begin{cases} x = 0,06 \text{ mol} \\ y = 0,06 \text{ mol} \\ z = 0,08 \text{ mol} \end{cases}$$

Thành phần khối lượng của mỗi kim loại trong A:

$$\% \text{Mg} = \frac{24 \cdot 0,06}{7,5} \cdot 100\% = 19,2\%$$

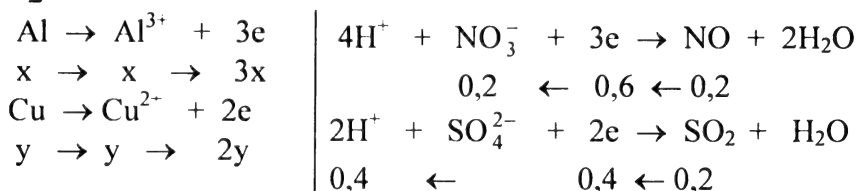
$$\% \text{Zn} = \frac{65 \cdot 0,06}{7,5} \cdot 100\% = 52,0\%$$

$$\Rightarrow \% \text{Al} = 100\% - (19,2 + 52)\% = 28,8\%$$

$$10. \bar{M} = 23,5 \cdot 2 = 47 \text{ gam/mol} \Rightarrow M_{\text{NO}} = 30 \text{ gam/mol} < 47 < M_{\text{D}}$$

⇒ D là SO<sub>2</sub> (M = 64)

$$\text{Vi } \frac{64 + 30}{2} = 47 \text{ nên } n_{\text{NO}} = n_{\text{SO}_2} = 0,2 \text{ mol}$$



$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} 3x + 2y = 1 \\ 27x + 64y = 18,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,2 \text{ mol} \\ y = 0,2 \text{ mol} \end{cases}$$

Khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp ban đầu là

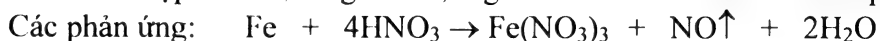
$$m_{\text{Al}} = 27 \cdot 0,2 = 5,4 \text{ gam}$$

$$m_{\text{Cu}} = 64 \cdot 0,2 = 12,8 \text{ gam}$$

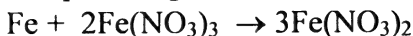
Vì  $n_{\text{NO}_3^-}$  phản ứng =  $n_{\text{NO}} = 0,2 \text{ mol} = n_{\text{NO}_3^-}$  ban đầu nên muối tạo thành chỉ là muối sunfat.

$$m_{\text{muối}} = m_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} + m_{\text{CuSO}_4} = 342 \cdot 0,1 + 160 \cdot 0,2 = 66,2 \text{ gam}$$

11. Phần hỗn hợp tan = 0,25a gam < 0,3a gam nên Fe còn dư và Cu chưa phản ứng



Do Fe dư nên còn các phản ứng:



Tức là trong dung dịch B chỉ có  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2$

Và lượng muối = lượng Fe + lượng  $\text{NO}_3^-$

Mà số mol  $\text{NO}_3^-$  còn lại trong B = tổng số mol  $\text{NO}_3^-$  – số mol khí  
 $= 0,69 - 0,2725 = 0,4175 \text{ mol}$

$$\text{Vậy lượng muối khan} = \frac{0,4175}{2} \cdot 180 = 37,575 \text{ gam}$$

12.

• 14,0 gam +  $\text{HNO}_3$ : Khí màu nâu là  $\text{NO}_2$  ( $M = 46$ ).

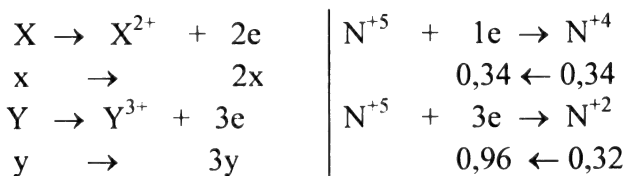
$\overline{M}_{\text{khí}} = 4,9,56 = 38,24 \text{ gam/mol} < 46 \Rightarrow$  Khí còn lại phải là  $\text{NO}$  ( $M = 30$ )

Gọi a, b lần lượt là số mol  $\text{NO}$  và  $\text{NO}_2$ . Ta có hệ:

$$\begin{cases} 30a + 46b = 0,66 \cdot 38,24 \\ a + b = \frac{PV}{RT} = \frac{14,784 \cdot 1,1}{0,082(273+27,3)} = 0,66 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,32 \text{ mol} \\ b = 0,34 \text{ mol} \end{cases}$$

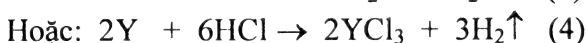
Gọi x, y lần lượt là số mol của X, Y có trong 14 gam hỗn hợp. Ta có:

$$xM_X + yM_Y = 14 \quad (1)$$



$$\Rightarrow 2x + 3y = 0,34 + 0,96 = 1,3 \quad (2)$$

• 14,0 gam +  $\text{HCl}$  dư:



*Biện luận:*

\* Nếu kim loại Y không tan trong axit  $\text{HCl}$

$$(3) \Rightarrow x = n_{\text{H}_2} = 0,6 \text{ mol}; m_X = 14 - 3,2 = 10,8 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow M_X = \frac{10,8}{0,6} = 18 \text{ gam/mol (loại !)}$$

\* Vậy kim loại X không tan trong axit  $\text{HCl}$

$$(4) \Rightarrow y = \frac{2}{3} n_{\text{H}_2} = 0,4 \text{ mol}; m_Y = 14 - 3,2 = 10,8 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow M_Y = \frac{10,8}{0,4} = 27 \text{ gam/mol} \Rightarrow \text{Y là Al}$$

$$(2) \Rightarrow x = 0,05 \text{ mol} \Rightarrow M_X = \frac{3,2}{0,05} = 64 \text{ gam/mol} \Rightarrow \text{X là Cu}$$

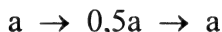
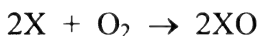
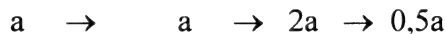
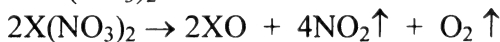
Phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp ban đầu là

$$\%Al = \frac{27.0,4.100\%}{14} = 77,14\%$$

$$\%Cu = 100\% - 77,14\% = 22,86\%$$

13. a)  $n_{HNO_3} = 0,38.0,667 = 0,25346 \text{ mol}$ ;  $n_{H_2SO_4} = 0,3.0,2 = 0,06 \text{ mol}$

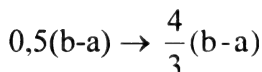
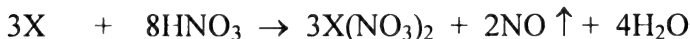
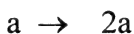
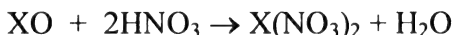
Đặt số mol  $X(NO_3)_2$  và  $X$  ban đầu là  $a$  và  $b$ .



(do phản ứng với  $HNO_3$  có khí  $NO$  nên  $X$  còn dư  $= (b - a) \text{ mol}$ )

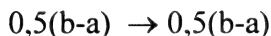
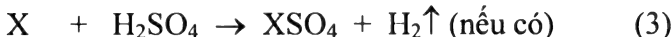
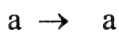
Sản phẩm thu được chứa  $2a \text{ mol XO}$  và  $X (b - a) \text{ mol}$

• Phần 1 +  $HNO_3$ :



$$\Rightarrow n_{HNO_3} = 2a + \frac{4}{3}(b-a) = 0,25346 \Rightarrow a + 2b = 0,38 \quad (1)$$

• Phần 2 +  $H_2SO_4$  loãng:



*Biện luận:*

\* Nếu  $X$  đứng trước hiđro trong dãy điện hóa thì

$$(2)(3) \Rightarrow a + 0,5(b-a) = 0,06 \text{ hay } a + b = 0,12 \quad (4).$$

Giải hệ (1)(4)  $\Rightarrow a = -0,14 \text{ mol} < 0$  (loại)

\* Vậy  $X$  đứng sau hiđro trong dãy điện hóa và không tác dụng với  $H_2SO_4$  loãng.

$$(2) \Rightarrow n_{H_2SO_4} = a = 0,06 \text{ mol. Kết hợp (1)} \Rightarrow b = 0,16 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow 0,06(M + 124) + 0,16M = 21,52 \Rightarrow M = 64 \text{ (Cu)}$$

Phần trăm khối lượng mỗi chất trong  $A$  là

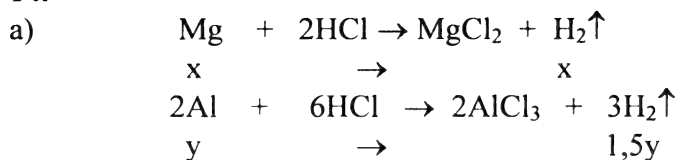
$$\%Cu = \frac{0,16.64.100\%}{21,52} = 47,58\%$$

$$\%Cu(NO_3)_2 = 100\% - 47,58\% = 52,42\%$$

b)  $n_{NO_2} = 2a = 0,12 \text{ mol}$

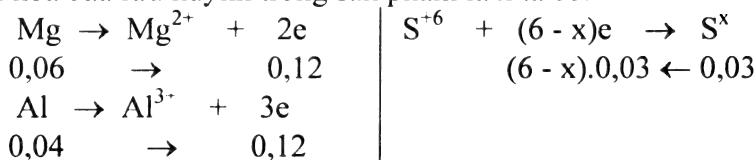
$$\Rightarrow P = \frac{nRT}{V} = \frac{0,12.0,082.(273 + 54,6)}{3} = 1,074 \text{ atm}$$

14.

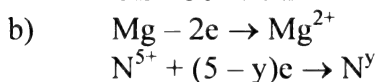
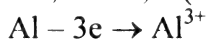


$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} 24x + 27y = 2,52 \\ x + 1,5y = 0,12 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,06 \text{ mol} \\ y = 0,04 \text{ mol} \end{cases}$$

Đặt số oxi hóa của lưu huỳnh trong sản phẩm là  $x$  ta có:



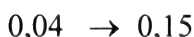
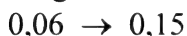
$$\Rightarrow 0,12 + 0,12 = 0,03(6-x) \Rightarrow x = -2 (\text{H}_2\text{S})$$



$$\text{Tương tự: } (5-y) \cdot 0,03 = 0,24 \Rightarrow x = -3 (\text{NH}_3)$$



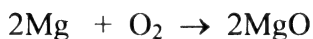
$\Rightarrow$  Sản phẩm là  $\text{NH}_4\text{NO}_3$



$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{HNO}_3} = 0,15 + 0,15 = 0,3 \text{ mol}$$

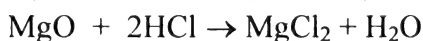
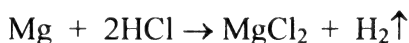
$$\Rightarrow V_{\text{dung dịch HNO}_3} = \frac{0,3 \cdot 63 \cdot 100}{10 \cdot 5 \cdot 1,2} = 150 \text{ ml}$$

15. a)



Chất rắn thu được gồm: Mg và MgO

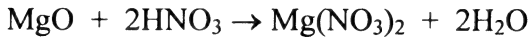
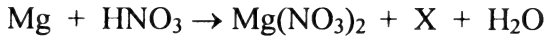
$$\bullet \text{ Phần 1 + HCl: } n_{\text{H}_2} = \frac{3,136}{22,4} = 0,14 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow m_{\text{chất rắn A}} = 95(0,14 + x) = 14,25 \Rightarrow x = 0,01 \text{ mol}$$

$$\% \text{ Mg bị oxi hóa} = \frac{0,01}{0,15} \cdot 100\% = 6,67\%$$

b) • Phần 2 + HNO<sub>3</sub>:  $n_X = \frac{0,448}{22,4} = 0,02 \text{ mol}$



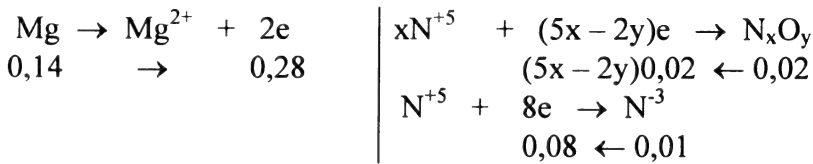
Theo định luật bảo toàn nguyên tố:

$$n_{\text{Mg}(\text{NO}_3)_2} = n_{\text{Mg}} = 0,15 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{Mg}(\text{NO}_3)_2} = 148.0,15 = 22,2 \text{ gam} < 23 \text{ gam}$$

⇒ Có muối NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> tạo thành

⇒ Chất rắn B là Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> và NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>

$$\Rightarrow n_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = \frac{23 - 22,2}{80} = 0,01 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow 0,28 = (5x - 2y)0,02 + 0,08 \Rightarrow 5x - 2y = 10 \Rightarrow x = 2 \text{ và } y = 0$$

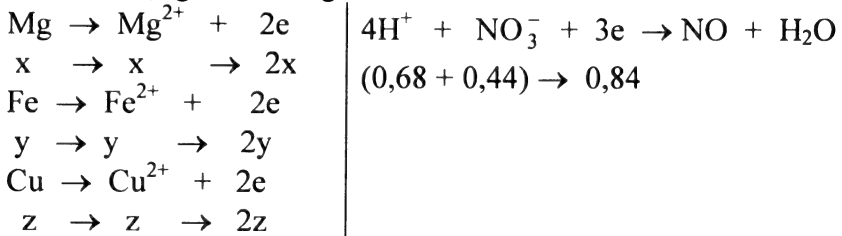
$$\Rightarrow \text{X là N}_2$$

16.

Gọi x, y, z là số mol Mg, Fe, Cu trong hỗn hợp, ta có :

$$24x + 56y + 64z = 23,52 \Rightarrow 3x + 7y + 8z = 2,94 \quad (1)$$

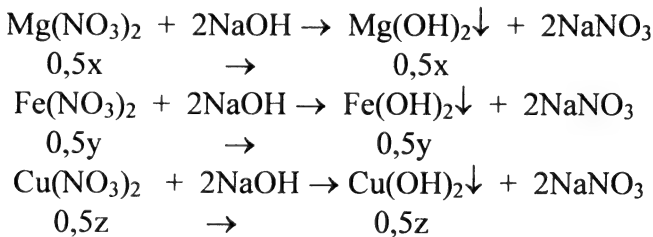
Khí duy nhất hơi nặng hơn không khí là NO



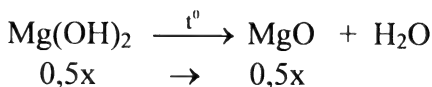
$$\Rightarrow 2(x + y + z) = 0,84 \Rightarrow x + y + z = 0,42 \quad (2)$$

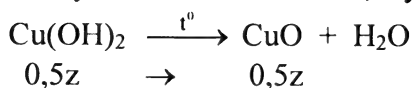
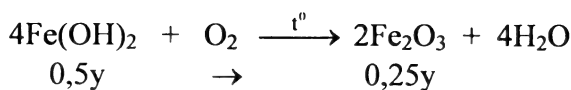
Dung dịch A chứa: Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> và Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

•  $\frac{1}{2}$  A + dung dịch NaOH dư:



Nung kết tủa:





$$\Rightarrow m_B = 40.0,5x + 160.0,25y + 80.0,5z = 15,6$$

$$\Rightarrow x + 2y + 2z = 0,78 \quad (3)$$

$$\text{Giải hệ (1)(2) và (3) ta được: } \begin{cases} x = 0,06 \text{ mol} \\ y = 0,12 \text{ mol} \\ z = 0,24 \text{ mol} \end{cases}$$

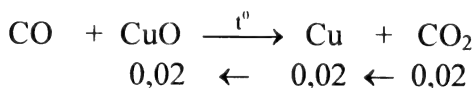
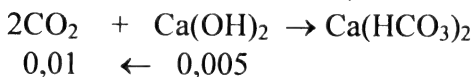
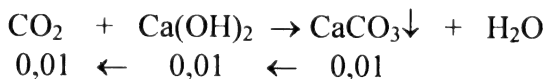
Phần trăm khối lượng của mỗi kim loại trong hỗn hợp ban đầu là

$$\% \text{Mg} = \frac{24.0,06.100\%}{23,52} = 6,12\%$$

$$\% \text{Fe} = \frac{56.0,12.100\%}{23,52} = 28,57\%$$

$$\% \text{Cu} = 100\% - (6,12 + 28,57)\% = 65,31\%$$

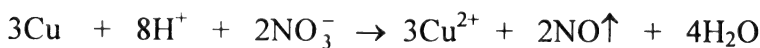
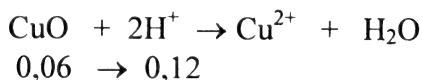
$$17. a) n_{\text{Ca}(\text{OH})_2} = 0,015 \text{ mol}; n_{\text{CaCO}_3} = \frac{1}{100} = 0,01 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{CuO}} \text{ còn} = \frac{6,4}{80} - 0,02 = 0,06 \text{ mol}$$

Chất rắn thu được gồm Cu và CuO

$$n_{\text{HNO}_3} \text{ ban đầu} = 0,32.0,5 = 0,16 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{H}^+} = n_{\text{NO}_3^-} = 0,16 \text{ mol}$$



$$0,015 \leftarrow 0,04 \rightarrow 0,01 \rightarrow 0,015 \rightarrow 0,01$$

$$\Rightarrow V_1 = 0,01.22,4 = 0,224 \text{ lít}; n_{\text{NO}_3^-} \text{ còn} = 0,16 - 0,01 = 0,15 \text{ mol};$$

$$n_{\text{Cu}} \text{ còn} = 0,02 - 0,015 = 0,005 \text{ mol}$$

Khi thêm tiếp  $\frac{3,04}{3}$  mol HCl vào, trong môi trường axit thì  $\text{NO}_3^-$  lại tiếp tục oxi hoá Cu.



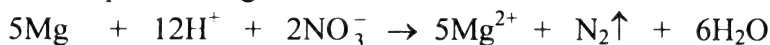


$$0,005 \rightarrow \frac{0,04}{3} \rightarrow \frac{0,01}{3} \rightarrow 0,005 \rightarrow \frac{0,01}{3}$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{0,01.22,4}{3} = \frac{0,224}{3} \text{ lít; } n_{\text{NO}_3^-} \text{ còn} = 0,15 - \frac{0,01}{3} = \frac{0,44}{3} \text{ mol;}$$

$$n_{\text{H}^+} \text{ còn} = \frac{3,04}{3} - \frac{0,04}{3} = 1 \text{ mol}$$

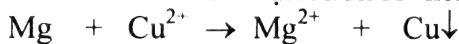
Khi thêm tiếp 1 mol Mg vào thì:



$$\frac{1,1}{3} \leftarrow 0,88 \leftarrow \frac{0,44}{3} \rightarrow \frac{0,22}{3}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Mg}} \text{ còn} = 1 - \frac{1,1}{3} = \frac{1,9}{3} \text{ mol; } n_{\text{H}^+} \text{ còn} = 1 - 0,88 = 0,12 \text{ mol}$$

Do  $\text{Cu}^{2+}$  có tính oxi hoá mạnh hơn  $\text{H}^+$  nên  $\text{Cu}^{2+}$  bị khử trước



$$0,08 \leftarrow 0,08 \rightarrow 0,08$$

$$\Rightarrow n_{\text{Mg}} \text{ còn} = \frac{1,9}{3} - 0,08 = \frac{1,66}{3} \text{ mol}$$



$$0,06 \leftarrow 0,12 \rightarrow 0,06$$

$$\Rightarrow V_3 = \left( \frac{0,22}{3} + 0,06 \right) . 22,4 = \frac{8,96}{3} \text{ lít}$$

b) Chất rắn X chứa: 0,08 mol Cu (ứng với 5,12 gam) và  $\frac{1,66}{3} - 0,06 = \frac{1,48}{3} \text{ mol}$

Mg (ứng với 11,84 gam)

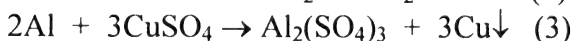
$$\Rightarrow m_X = 5,12 + 11,84 = 16,96 \text{ gam}$$

Phần trăm khối lượng của các chất trong X:

$$\% \text{Cu} = \frac{5,12.100\%}{16,96} = 30,18\%$$

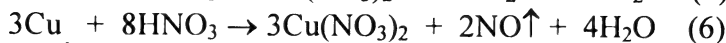
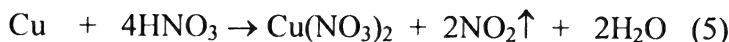
$$\% \text{Mg} = 100\% - 30,18\% = 69,82\%$$

18. Phương trình hoá học của các phản ứng đã xảy ra:



Chất rắn thu được là Cu

$\overline{M}_{\text{khí}} = 32.1,271 = 40,672 \text{ gam/mol} \Rightarrow$  Hỗn hợp khí là NO và NO<sub>2</sub> (chú ý là trong các sản phẩm chứa N tạo ra khi tác dụng với HNO<sub>3</sub> ngoài muối, Cu chỉ tạo NO và NO<sub>2</sub>)



Gọi a, b lần lượt là số mol NO và NO<sub>2</sub>. Ta có hệ:

$$\begin{cases} a + b = 1,2 \\ 30a + 46b = 40,672.1,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,4 \text{ mol} \\ b = 0,8 \text{ mol} \end{cases}$$

$$(5)(6) \Rightarrow n_{\text{Cu}} = \frac{1}{2} n_{\text{NO}_2} + \frac{3}{2} n_{\text{NO}} = 1 \text{ mol}$$

Gọi x, y, z lần lượt là số mol Al, Fe và Cu có trong 17,4 gam hỗn hợp. Ta có:

$$27x + 56y + 64z = 17,4 \quad (7)$$

$$(1)(2) \Rightarrow n_{\text{H}_2} = 1,5x + y = 0,4 \quad (8)$$

$$(3)(4) \Rightarrow n_{\text{Cu}} \text{ sinh ra} = 1,5n_{\text{Al}} + n_{\text{Fe}} = 2(1,5x + y) \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{Cu}} = 2(1,5x + y) + 2z = 1 \quad (9)$$

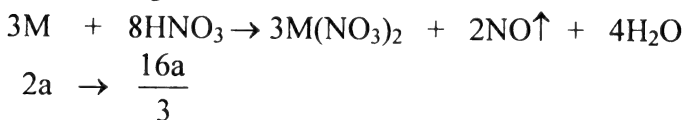
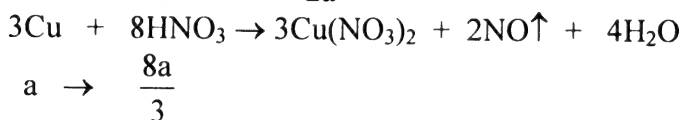
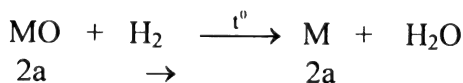
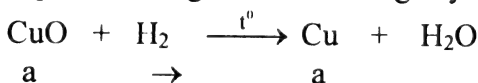
$$\text{Giải hệ (7)(8)(9) ta được: } \begin{cases} x = 0,2 \text{ mol} \\ y = 0,1 \text{ mol} \\ z = 0,1 \text{ mol} \end{cases}$$

Khối lượng của mỗi kim loại trong 17,4 gam hỗn hợp ban đầu là

$$m_{\text{Al}} = 5,4 \text{ gam}; m_{\text{Fe}} = 5,6 \text{ gam và } m_{\text{Cu}} = 6,4 \text{ gam}$$

19. Gọi oxit kim loại phải tìm là MO và a là số mol CuO  $\Rightarrow n_{\text{MO}} = 2a \text{ mol}$ . Vì hidro chỉ khử được những oxit kim loại đứng sau nhôm trong dãy điện hóa nên có 2 khả năng xảy ra:

- Trường hợp 1: M đứng sau nhôm trong dãy điện hóa

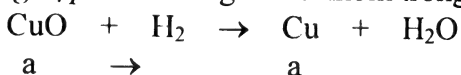


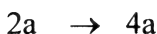
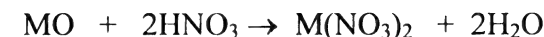
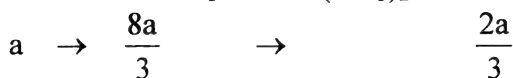
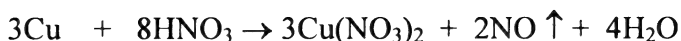
$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3} = \frac{8a}{3} + \frac{16a}{3} = 0,06.2,5 \Rightarrow a = 0,01875 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow 80.0,01875 + (\text{M} + 16).2.0,01875 = 3,6 \Rightarrow \text{M} = 40 \text{ (Ca)}$$

Trường hợp này loại vì Ca đứng trước Al trong dãy thế điện hóa.

- Trường hợp 2: M đứng trước nhôm trong dãy điện hóa





$$\Rightarrow n_{\text{HNO}_3} = \frac{8a}{3} + 4a = 0,06.2,5 \Rightarrow a = 0,0225 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow 80.0,0225 + (\text{M} + 16).2.0,0225 = 3,6 \Rightarrow \text{M} = 24 (\text{Mg})$$

$$\Rightarrow n_{\text{NO}} = \frac{2a}{3} = 0,015 \text{ mol} \Rightarrow V = 0,336 \text{ lít}$$

## CHUYÊN ĐỀ 5.

## NHIỆT HÓA HỌC VÀ NHIỆT ĐỘNG HỌC

### A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

#### I. NHIỆT HÓA HỌC

##### 1. Nhiệt phản ứng (kí hiệu $\Delta H$ , đọc là entanpi)

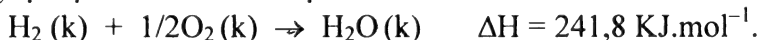
Trong phản ứng hóa học, vì tổng năng lượng của các chất tham gia và các chất tạo thành không bằng nhau, nghĩa là có sự biến đổi năng lượng. Sự biến đổi năng lượng (tỏa ra hoặc hấp thụ) được thể hiện dưới dạng nhiệt năng, quang năng hoặc điện năng; trong đó nhiệt năng đóng vai trò quan trọng nhất.

Nhiệt phản ứng là nhiệt lượng tỏa ra hay hấp thụ trong một phản ứng hoá học. Phản ứng tỏa nhiệt  $\Delta H < 0$ , phản ứng thu nhiệt  $\Delta H > 0$ . Theo định luật bảo toàn năng lượng, nếu tổng năng lượng của các chất tham gia phản ứng lớn hơn tổng năng lượng của các chất tạo thành (sản phẩm) thì phản ứng tỏa nhiệt và ngược lại.

*Ví dụ:*



Chiều ngược lại là chiều thu nhiệt.



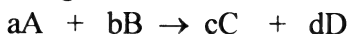
##### 2. Năng lượng liên kết

Năng lượng liên kết là năng lượng cần thiết để phá vỡ một liên kết hóa học giữa hai nguyên tử thành các nguyên tử riêng lẻ ở trong pha khí. Năng lượng tạo thành liên kết có trị số bằng năng lượng phá vỡ liên kết nhưng trái dấu.

Đối với phân tử có nhiều liên kết giống nhau (ví dụ như  $\text{CH}_4$  có 4 liên kết C-H) thì năng lượng liên kết được lấy giá trị trung bình.

Như chúng ta đã biết, bản chất của phản ứng hóa học là sự phá vỡ các liên kết cũ của các chất tham gia phản ứng và sự tạo thành các liên kết mới của sản phẩm phản ứng. Như vậy, phản ứng sẽ giải phóng năng lượng (tỏa nhiệt) nếu tổng năng lượng tạo thành các liên kết mới lớn hơn tổng năng lượng phá vỡ các liên kết cũ.

Do đó  $\Delta H$  của phản ứng:



được tính theo công thức:

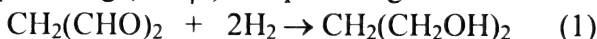
$$\Delta H = a\Delta H_A + b\Delta H_B - c\Delta H_C - d\Delta H_D$$

Trong đó  $\Delta H_A$ ,  $\Delta H_B$  là tổng năng lượng tất cả các liên kết trong A, B, còn  $\Delta H_C$ ,  $\Delta H_D$  là tổng năng lượng tất cả các liên kết trong C, D.

**Ví dụ:** Thực nghiệm cho biết năng lượng liên kết, kí hiệu là E, (theo  $\text{kJ.mol}^{-1}$ ) của một số liên kết như sau:

Liên kết	O-H (ancol)	C=O (RCHO)	C-H (ankan)	C-C (ankan)
E	437,6	705,2	412,6	331,5
Liên kết	C-O (ancol)	C-C (RCHO)	C-H (RCHO)	H-H
E	332,8	350,3	415,5	430,5

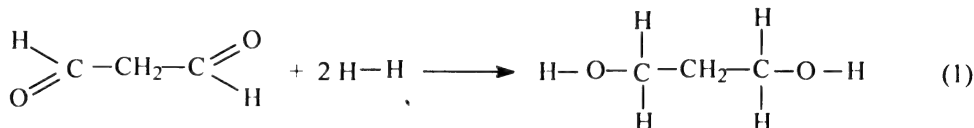
a) Tính nhiệt phản ứng ( $\Delta H_{\text{pr}}^0$ ) của phản ứng:



b)  $\Delta H_{\text{pr}}^0$  tính được ở trên liên hệ như thế nào với độ bền của liên kết hóa học trong chất tham gia và sản phẩm của phản ứng (1)?

**Giải**

a) Phương trình phản ứng:



$$\Delta H_{\text{pr}}^0 = \sum_{i=1}^m \nu_i E_i - \sum_{j=1}^n \nu_j E_j$$

i là liên kết thứ i trong chất đầu;  $\nu_i$  là số mol liên kết i

j là liên kết thứ j trong chất cuối;  $\nu_j$  là số mol liên kết j

$$\text{Vậy } \Delta H_{\text{pr}}^0 = (2E_{\text{C=O}} + 2E_{\text{H-H}} + 2E_{\text{C-H (RCHO)}} + 2E_{\text{C-H (Ankan)}} + 2E_{\text{C-C (RCHO)}}) - (2E_{\text{C-O}} + 2E_{\text{O-H}} + 6E_{\text{C-H (Ankan)}} + 2E_{\text{C-C (Ankan)}})$$

$$\begin{aligned} &= (2.705,2 + 2.430,5 + 2.415,5 + 2.412,6 + 2.350,3) - (2.332,8 + 2.437,6 + 6.412,6 + 2.331,5) \\ &= 2(705,2 + 430,5 + 415,5 + 350,3) - 2(332,8 + 437,6 + 2.412,6 + 331,5) \\ &= -51,2 \text{ (kJ)} \end{aligned}$$

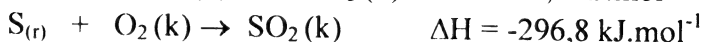
b) Phản ứng tỏa nhiệt vì tổng năng lượng cần thiết để phá hủy các liên kết ở các phân tử chất đầu nhỏ hơn tổng năng lượng tỏa ra khi hình thành các liên kết ở phân tử chất cuối.

### 3. Nhiệt tạo thành

Nhiệt tạo thành của một chất là nhiệt lượng tỏa ra hay hấp thụ trong phản ứng tạo thành 1 mol chất đó từ các đơn chất.

**Ví dụ 1:** Ở P = 1atm, T = 298K

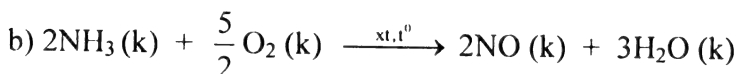
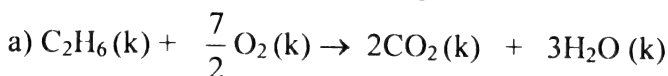




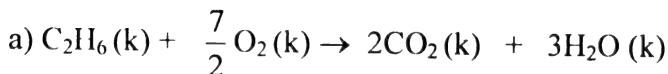
Đối với phản ứng hóa học thì nhiệt phản ứng  $\Delta H$  bằng tổng nhiệt tạo thành của sản phẩm trừ tổng nhiệt tạo thành của các chất tham gia:

$$\Delta H = \Delta H(\text{sản phẩm}) - \Delta H(\text{tham gia})$$

**Ví dụ 2:** Tính  $\Delta H$  của các phản ứng sau:

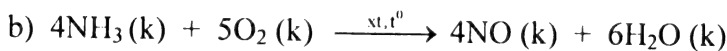


**Giải**



Ta có:

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H_{(\text{sp})} - \Delta H_{(\text{tg})} = 2\Delta H_{\text{CO}_2} + 3\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - \Delta H_{\text{C}_2\text{H}_6} - \frac{7}{2} \Delta H_{\text{O}_2} \\ &= 2.(-393,5) + 3.(-241,8) - (-84,7) - 3.5.0 = -1427,7 \text{ kJ} \end{aligned}$$



Tương tự ta cũng có:

$$\begin{aligned} \Delta H &= \Delta H_{(\text{sp})} - \Delta H_{(\text{tg})} = 4\Delta H_{\text{NO}} + 6\Delta H_{\text{H}_2\text{O}} - 4\Delta H_{\text{NH}_3} - 5\Delta H_{\text{O}_2} \\ &= 4.90,3 + 6.(-241,8) - 4.(-46,2) - 5.0 = -904,8 \text{ kJ} \end{aligned}$$

**Chú ý:** - Bảng nhiệt tạo thành của một số chất ở điều kiện chuẩn ( $\text{kJ.mol}^{-1}$ ) (1 atm;  $25^\circ\text{C}$ ).

Chất	$\text{NH}_3(\text{k})$	$\text{SO}_2(\text{k})$	$\text{SO}_3(\text{k})$	$\text{CO}(\text{k})$	$\text{CO}_2(\text{k})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{k})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	$\text{NO}(\text{k})$
$\Delta H^0$	-46,2	-296,8	-395,7	-110,5	-393,5	-241,8	-285,8	+90,3
Chất	$\text{NO}_2(\text{k})$	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{k})$	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{k})$	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{k})$	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{k})$	$\text{CH}_4(\text{k})$	$\text{H}_2\text{SO}_4(\text{l})$	$\text{NaOH}(\text{r})$
$\Delta H^0$	+90,3	+52,3	-84,7	+226,8	-48,6	-74,5	-814,0	-425,6

- Tất cả các đơn chất và nguyên tố bền đều có nhiệt tạo thành bằng 0.

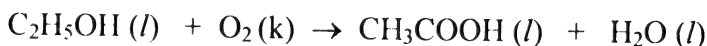
**Ví dụ 3:** Đốt cháy một lượng xác định  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$  ở  $P = \text{const} = 1 \text{ atm}$  và  $273\text{K}$  trong sự có mặt của  $22,4 \text{ dm}^3$  oxi toả ra  $343 \text{ kJ}$ :

- Tính số mol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  đã dùng, biết rằng sau phản ứng còn lại  $5,6 \text{ dm}^3$  oxi ở điều kiện chuẩn ( $273\text{K}$  và  $1 \text{ atm}$ );

- Tính nhiệt cháy chuẩn của  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  ở  $273\text{K}$

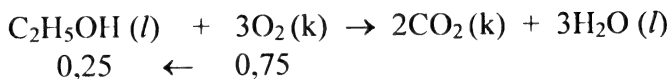
- Ở  $273\text{K}$  nhiệt cháy chuẩn của axit axetic là  $-874,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$

Tính  $\Delta H_{273}^0$  của phản ứng:

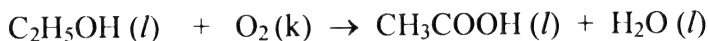


### ***Giải***

$$n_{O_2} \text{ phản ứng} = \frac{22,4 - 5,6}{22,4} = 0,75 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow \Delta H_{273,c}^0(C_2H_5OH(l)) = \frac{1}{0,25} \times (-343) = -1372 \text{ kJ.mol}^{-1}$$



Vì nhiệt cháy của  $O_2$  và  $H_2O$  ở 273K bằng không nên:

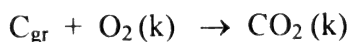
$$\begin{aligned} \Rightarrow \Delta H_{273}^0 &= \Delta H_{273,c}^0(C_2H_5OH(l)) - \Delta H_{273,c}^0(CH_3COOH(l)) \\ &= -1372 - (-874,5) = -497,5 \text{ kJ.mol}^{-1} \end{aligned}$$

### ***Chú ý:***

(1) **Nhiệt sinh chuẩn của một chất:** Là nhiệt phản ứng tạo thành 1 mol chất đó từ các đơn chất trong điều kiện các chất tham gia phản ứng và sản phẩm của phản ứng phải là nguyên chất ở 1 atm và giữ nguyên P, T, thường  $T = 298K$  và được kí hiệu  $\Delta H_{298,s}^0$

Ví dụ:  $\Delta H_{298,s}^0(CO_2) = -393,51 \text{ kJ.mol}^{-1}$ . Nó là nhiệt của phản ứng sau ở  $25^\circ C$

khi  $P_{O_2} = P_{CO_2} = 1 \text{ atm}$



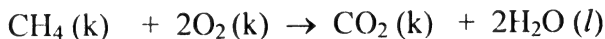
- Từ định nghĩa trên ta suy ra rằng nhiệt sinh chuẩn của đơn chất bền bằng không.

$$- \Delta H_{298}^0 \text{ phản ứng} = \Delta H_{298,s}^0(\text{sản phẩm}) - \Delta H_{298,s}^0(\text{tham gia})$$

(2) **Nhiệt cháy chuẩn của một chất:** Là nhiệt phản ứng đốt cháy hoàn toàn 1 mol chất đó bằng oxi tạo thành các oxit bền với hoá trị cao nhất của các nguyên tố khi các chất trong phản ứng đều nguyên chất ở  $P = 1 \text{ atm}$  và giữ áp suất và nhiệt độ không đổi, thường  $T = 298K$  và được kí hiệu là  $\Delta H_{298,c}^0$ .

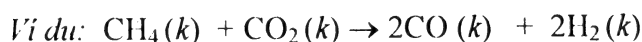
Ví dụ:  $\Delta H_{298,c}^0(CH_4) = -890,34 \text{ kJ.mol}^{-1}$  ứng với nhiệt phản ứng sau ở  $25^\circ C$  và

$P_{CH_4} = P_{O_2} = P_{CO_2} = 1 \text{ atm}$



$$- \Delta H_{298}^0 \text{ phản ứng} = \Delta H_{298,c}^0(\text{tham gia}) - \Delta H_{298,c}^0(\text{sản phẩm})$$

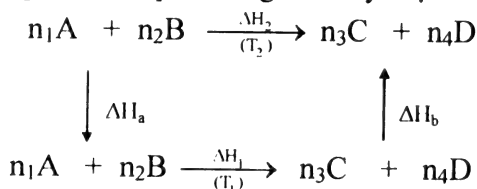
(3) **Điều kiện chuẩn của một phản ứng:** Các chất trong phản ứng phải là nguyên chất ở  $P = 1 \text{ atm}$ , nếu là chất tan trong dung dịch thì nồng độ mol của nó (hoặc ion) là 1 M và phản ứng phải tiến hành ở áp suất không đổi (hoặc thể tích không đổi) và  $T = \text{const}$ , thường thì  $T = 298K$ . Trong trường hợp này nhiệt phản ứng được kí hiệu là  $\Delta H_{298}^0$ .



- Điều kiện chuẩn của phản ứng này là  $P_{\text{CH}_4} = P_{\text{CO}_2} = P_{\text{CO}} = P_{\text{H}_2} = 1 \text{ atm}$  và duy trì áp suất và nhiệt độ không đổi.

#### 4. Định luật Hess (Hexơ)

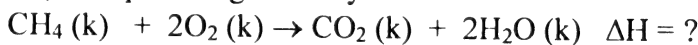
Nhiệt phản ứng (biến thiên  $\Delta H$ ) của một phản ứng hóa học chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối của các chất, không phụ thuộc vào các giai đoạn trung gian của quá trình, nghĩa là vào con đường đi tới sản phẩm cuối cùng. Chẳng hạn, xét phản ứng sau đây thực hiện bằng 2 con đường:



Theo định luật Hess ta có:  $\Delta H_2 = \Delta H_a + \Delta H_1 + \Delta H_b$

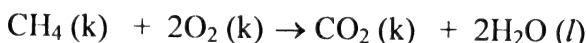
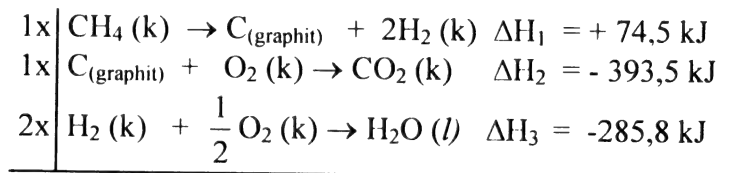
Phương trình phản ứng có viết kèm theo nhiệt phản ứng gọi là phương trình nhiệt hóa học.

**Ví dụ 1:** Tính nhiệt của phản ứng đốt cháy metan:



*Giải*

Ta có thể viết:



$$\Rightarrow \Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = - 890,6 \text{ kJ}$$

**Ví dụ 2:** Ở  $25^\circ\text{C}$  phản ứng sau:  $2\text{H}_2 (\text{k}) + \text{O}_2 (\text{k}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} (\text{h})$

toả ra một nhiệt lượng là 483,66 kJ trong điều kiện áp suất riêng phần của mỗi khí trong phản ứng bằng 1 atm và phản ứng thực hiện ở áp suất là hằng số. Nhiệt bay hơi của nước lỏng ở  $25^\circ\text{C}$  và 1 atm là  $44,01 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

- Tính nhiệt sinh chuẩn của  $\text{H}_2\text{O} (\text{h})$  và  $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$  ở  $25^\circ\text{C}$

- Tính nhiệt lượng toả ra khi dùng 6 gam  $\text{H}_2$  để phản ứng tạo thành  $\text{H}_2\text{O} (\text{l})$

*Giải*

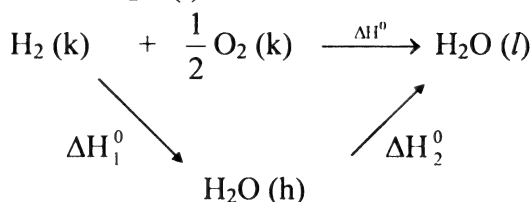
Điều kiện chuẩn của sự tạo thành 1 mol  $\text{H}_2\text{O} (\text{h})$  từ các đơn chất bền ở

$T = \text{const}$  là  $P_{\text{H}_2} = P_{\text{O}_2} = P_{\text{H}_2\text{O} (\text{h})} = 1 \text{ atm}$

- Vậy nhiệt sinh chuẩn của  $\text{H}_2\text{O} (\text{h})$  ở  $25^\circ\text{C}$  là:

$$\Delta H_{298, \text{h}}^0 = - \frac{483,66}{2} = - 241,83 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

- Nhiệt sinh chuẩn của  $\text{H}_2\text{O} (l)$  ở  $25^\circ\text{C}$  là:



Theo định luật Hess:

$$\Delta H^0 = \Delta H_1^0 + \Delta H_2^0 = -241,83 + (-44,01) = -285,84 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow \Delta H_{298,s}^0 (\text{H}_2\text{O}) = -285,84 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

- Nhiệt lượng toả ra khi 6 gam  $\text{H}_2$  phản ứng với  $\text{O}_2$  ở điều kiện chuẩn và  $25^\circ\text{C}$  tạo thành  $\text{H}_2\text{O} (l)$  là

$$\Delta H_{298}^0 = \frac{6}{2} \times (-285,84) = -857,52 \text{ kJ}$$

**Chú ý:** Ở  $P = \text{const}$  khi một chất nguyên chất chuyển pha (đông đặc, nóng chảy, sôi, hoá lỏng, thăng hoa, chuyển dạng tinh thể) thì trong suốt quá trình chuyển pha nhiệt độ là không đổi. Nhiệt lượng trao đổi với môi trường khi 1 mol chất chuyển pha được gọi là nhiệt chuyển pha.

## 5. Các hệ quả của định luật Hess

- Nhiệt phản ứng của phản ứng thuận bằng phản ứng của phản ứng nghịch nhưng ngược dấu.

- Nhiệt phản ứng của một phản ứng bằng tổng nhiệt sinh của các chất sản phẩm trừ đi tổng nhiệt sinh của các chất tham gia phản ứng.

$$\Delta H = \sum \Delta H_s (\text{sản phẩm}) - \sum \Delta H_s (\text{tham gia})$$

- Nhiệt phản ứng của một phản ứng bằng tổng nhiệt cháy của các chất tham gia phản ứng trừ đi tổng nhiệt cháy của các sản phẩm phản ứng.

$$\Delta H = \sum \Delta H_c (\text{tham gia}) - \sum \Delta H_c (\text{sản phẩm})$$

**Ví dụ:** Tính nhiệt của phản ứng sau ở  $25^\circ\text{C}$  và áp suất của các chất đều không đổi và bằng 1 atm:  $\text{C}_2\text{H}_2 (k) + 2\text{H}_2 (k) \rightarrow \text{C}_2\text{H}_6 (k)$   $\Delta H_{298}^0 = ?$

Biết  $\Delta H_{298,c}^0$  của  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2$  và  $\text{C}_2\text{H}_6$  lần lượt là:

$$-1299,63; -285,84; -1559,88 \text{ kJ.mol}^{-1}.$$

**Giải**

$$\begin{aligned} \text{Ta có: } \Delta H_{298}^0 &= \Delta H_{298,c}^0 (\text{C}_2\text{H}_2) + 2\Delta H_{298,c}^0 (\text{H}_2) - \Delta H_{298,c}^0 (\text{C}_2\text{H}_6) \\ &= -1299,63 - 2.285,84 - (-1559,88) = -311,43 \text{ kJ} \end{aligned}$$

## II. NHIỆT ĐỘNG HỌC

### 1. Nguyên lý thứ nhất của nhiệt động học

"Năng lượng không tự sinh ra hoặc tự mất đi mà chỉ có thể biến đổi từ một dạng này thành một dạng khác". Có thể phát biểu nguyên lý thứ nhất theo cách khác:

"Năng lượng của một hệ cô lập với môi trường xung quanh là một hằng số".



Sự trao đổi năng lượng của hệ với môi trường xung quanh có thể thực hiện bằng hai con đường: hệ nhận một lượng nhiệt (+ Q) của môi trường bên ngoài và thực hiện một công (-A) hoặc hệ nhận một công (+A) từ môi trường bên ngoài và tỏa ra một lượng nhiệt (-Q). Như vậy sự biến đổi năng lượng của hệ ( $\Delta E$ ) được biểu diễn dưới dạng biểu thức toán học:

$$\Delta E = Q + A$$

Đây là dạng toán học của nguyên lý thứ nhất nhiệt động học.

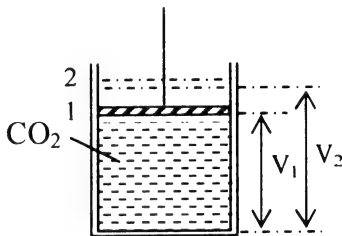
## 2. Nội năng, U

Nội năng U của một hệ là tổng động năng và thế năng của tất cả các hạt vi mô trong hệ (phân tử, nguyên tử, electron, hạt nhân, dao động, quay, tịnh tiến,...)

Ta không thể đo được giá trị tuyệt đối của nội năng, nhưng có thể biết được sự biến đổi nội năng của hệ nhờ nhiệt và công mà hệ trao đổi với môi trường xung quanh. Một hệ được xác định bởi những tính chất đặc trưng là: thành phần, nhiệt độ, áp suất và thể tích.

Nội năng U là một hàm trạng thái, tức là nội năng chỉ phụ thuộc vào trạng thái của hệ không phụ thuộc vào hệ đó được hình thành như thế nào. Ví dụ:

Khi đun nóng pittong (truyền nhiệt cho  $\text{CO}_2$ , làm tăng động năng của khí tức tăng nội năng U), khí giãn nở và đẩy pittong từ trạng thái 1 đến trạng thái 2 (hình bên) thì dừng lại (cân bằng áp suất trong và ngoài pittong). Gọi Q là lượng nhiệt hệ hấp thụ:



$$A = P(V_2 - V_1) = P\Delta V$$

Ta có độ biến thiên nội năng:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q - A = Q - P\Delta V$$

Trong trường hợp thể tích của hệ không đổi (gọi là đẳng tích) thì

$$\Delta U = Q_V$$

Vậy nhiệt đẳng tích là một hàm trạng thái nghĩa là nó chỉ phụ thuộc vào trạng thái đầu và trạng thái cuối.

## 3. Entanpi, H

Đa số các phản ứng hóa học xảy ra ở áp suất không đổi (ví dụ như áp suất khí quyển), thì biểu thức về lượng nhiệt mà hệ hấp thụ  $Q_P$  trở thành:

$$Q_P = \Delta U + P\Delta V = U_2 + PV_2 - (U_1 + PV_1)$$

Đặt  $H = U + PV$  thì

$$Q_P = H_2 - H_1 = \Delta H$$

H được gọi là entanpi, nó là một hàm trạng thái vì U và PV là hàm trạng thái.

$\Delta H$  là sự biến thiên entanpi của hệ.

## 4. Phản ứng tỏa nhiệt hay thu nhiệt

- Phản ứng nhường nhiệt cho môi trường gọi là phản ứng tỏa nhiệt, khi đó:

$$\Delta H = Q_P < 0 \text{ hoặc } \Delta U = Q_V < 0$$

- Phản ứng nhận nhiệt của môi trường gọi là phản ứng thu nhiệt, nghĩa là:

$$\Delta H = Q_P > 0 \text{ hoặc } \Delta U = Q_V > 0$$

## 5. Quan hệ giữa $Q_p$ và $Q_v$

Ta có:  $Q_p = \Delta H = \Delta(U + PV) = \Delta U + P\Delta V = Q_v + \Delta nRT$  (11)

Trong đó:  $\Delta n$  bằng số mol khí ở vế 2 của phản ứng trừ đi số mol khí ở vế 1 của phản ứng (các khí đều được coi là khí lí tưởng).

Khi  $\Delta n = 0$  thì  $\Delta H = \Delta U$

Nếu  $Q_p$  và  $Q_v$  tính bằng jun thì  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

## 6. Nhiệt dung mol C

Nhiệt lượng cần thiết để nâng nhiệt độ của 1 mol lên 1K và trong quá trình này không có sự biến đổi trạng thái (như nóng chảy, sôi, .v.v....). Để nâng nhiệt độ 1 mol chất từ  $T_1$  đến  $T_2$  cần một nhiệt lượng  $Q$  thì nhiệt dung mol trung bình của chất đó trong khoảng từ  $T_1$  đến  $T_2$  là:

$$\bar{C} = \frac{Q}{T_2 - T_1} = \frac{Q}{\Delta T}$$

Khi  $\Delta T \rightarrow 0$  thì nhiệt dung mol thực:

$$C = \frac{\delta Q}{dT}$$

Đơn vị của nhiệt dung mol  $C$  thường  $\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

- Nhiệt dung mol đẳng áp  $C_p$ : quá trình thực hiện ở  $P = \text{const}$

$$dH = C_p dT \Rightarrow \Delta H = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT$$

Nếu trong khoảng nhiệt độ từ  $T_1$  đến  $T_2$  mà  $C_p$  không thay đổi thì:

$$\Delta H = C_p(T_2 - T_1) \Rightarrow C_p = \frac{\Delta H}{T_2 - T_1}$$

- Nhiệt dung mol đẳng tích  $C_v$ : quá trình thực hiện ở  $V = \text{const}$

$$dU = C_v dT \Rightarrow \Delta U = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT$$

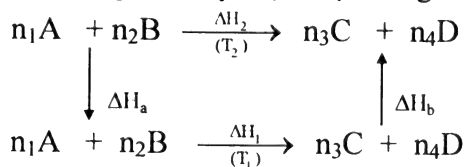
Nếu trong khoảng nhiệt độ từ  $T_1$  đến  $T_2$  mà  $C_v$  không thay đổi thì:

$$\Delta U = C_v(T_2 - T_1) \Rightarrow C_v = \frac{\Delta U}{T_2 - T_1}$$

Trong hệ SI, đơn vị nhiệt dung mol là  $\text{J.K}^{-1}$

## 7. Sự phụ thuộc của hiệu ứng nhiệt vào nhiệt độ. Định luật Kirchhoff

Xét phản ứng sau đây thực hiện bằng 2 con đường:



Theo định luật Hess ta có:  $\Delta H_2 = \Delta H_a + \Delta H_1 + \Delta H_b$

$$\text{Mặt khác: } \Delta H_a = \int_{T_2}^{T_1} (n_1 C_{p_A} + n_2 C_{p_B}) dT = - \int_{T_1}^{T_2} (n_1 C_{p_A} + n_2 C_{p_B}) dT$$

$$\Delta H_b = \int_{T_1}^{T_2} (n_3 C_{p_C} + n_4 C_{p_D}) dT$$

$$\Rightarrow \Delta H = \Delta H_1 + \int_{T_1}^{T_2} (n_3 C_{p_C} + n_4 C_{p_D}) dT - \int_{T_1}^{T_2} (n_1 C_{p_A} + n_2 C_{p_B}) dT$$

$$= \Delta H_1 + \int_{T_1}^{T_2} (n_3 C_{p_C} + n_4 C_{p_D} - n_1 C_{p_A} - n_2 C_{p_B}) dT = \Delta H_1 + \int_{T_1}^{T_2} \Delta C_p dT$$

Đây là công thức định luật Kirchhoff.

Thường  $\Delta H_1$  được xác định ở điều kiện chuẩn và 298K nên:

$$\Delta H_T = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^T \Delta C_p dT$$

Ở đây:  $\Delta C_p = \Sigma C_p (\text{sản phẩm}) - \Sigma C_p (\text{tham gia})$

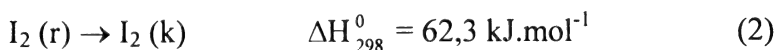
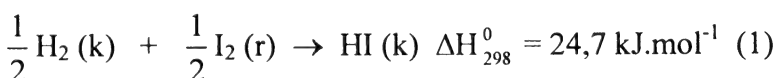
## 8. Nhiệt chuyển pha (nhiệt biến đổi trạng thái)

Ở  $P = \text{const}$  khi một chất nguyên chất chuyển pha (đông đặc, nóng chảy, sôi, hoá lỏng, thăng hoa, chuyển dạng tinh thể) thì trong suốt quá trình chuyển pha nhiệt độ là không đổi. Nhiệt lượng trao đổi với môi trường khi 1 mol chất chuyển pha được gọi là nhiệt chuyển pha.

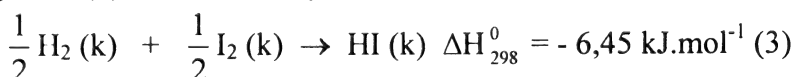
**Ví dụ:** Ở 25°C nhiệt thăng hoa của iot là 62,3 kJ/mol. Entanpi chuẩn trong sự hình thành HI (k) là 24,7 kJ/mol. Tính biến thiên entanpi ứng với sự hình thành HI (k) từ iot với hidro ở thể khí ở 225°C, biết rằng khoảng nhiệt độ từ 25°C đến 225°C nhiệt dung trung bình của các chất như sau:

Chất	H <sub>2</sub> (k)	I <sub>2</sub> (k)	HI (k)
C <sub>p</sub> (J/mol)	29,08	33,56	29,87

***Giải***



Lấy phương trình (2) chia đôi rồi lấy (1) trừ đi, ta được:



Từ phương trình Kirchhoff ta có:

$$\Delta H_{498}^0 = \Delta H_{298}^0 + \int_{298}^{498} \Delta C_p dT = \Delta H_{298}^0 + \Delta C_p (498 - 298)$$

$$\Rightarrow \Delta H_{498}^0 = -6,45.10^3 + (29,87 - \frac{1}{2}.29,08 - \frac{1}{2}.33,56)200 = -6740 \text{ J.mol}^{-1}$$

## 9. Entropi, S

Nguyên lý bảo toàn năng lượng với sự xuất hiện các hàm nội năng U và entanpi H mới chỉ thiết lập được mối tương quan giữa nhiệt và công cũng như sự tính hai đại lượng này trong các quá trình hóa học. Tuy nhiên trong thực tế người ta lại có vấn đề về khả năng diễn biến của quá trình trong những điều kiện đã cho về nhiệt độ và áp suất. Để giải quyết vấn đề này người ta phải sử dụng hàm số mới đó là hàm entropi, kí hiệu bằng chữ S và được định nghĩa như sau:

$$dS = \left( \frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{tn}} \quad (1)$$

Đối với quá trình thuận nghịch (tn), hữu hạn giữa hai trạng thái 1 và 2, phương trình (1) có dạng:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \left( \frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{tn}} \quad (2)$$

Nếu quá trình thuận nghịch từ 1 đến 2 là đẳng nhiệt thì (2) trở thành:

$$\Delta S_T = \frac{Q}{T} \quad (3)$$

Đối với quá trình thuận nghịch đoạn nhiệt ( $\delta Q = 0$ ) thì  $dS = 0$  và do đó  $\Delta S = 0$ .

Nếu sự chuyển hóa từ (1) đến (2) là không thuận nghịch thì

$$dS > \left( \frac{\delta Q}{T} \right)_{\text{ktn}} \quad (4)$$

Đối với quá trình đẳng nhiệt không thuận nghịch thì:

$$\Delta S > \left( \frac{Q}{T} \right)_{\text{ktn}} \quad (5)$$

Từ (1) và (4) ta có biểu thức toán tổng quát đối với nguyên lý II của nhiệt động lực học:

$$dS \geq \frac{\delta Q}{T} \quad (6)$$

Khi hệ nhiệt động được gộp với môi trường xung quanh làm thành một hệ cô lập thì:

$$\Delta S_{\text{hệ cô lập}} = (\Delta S_{\text{hệ nhiệt động}} + \Delta S_{\text{môi trường}}) \geq 0$$

Nếu trong hệ cô lập chỉ diễn ra quá trình thuận nghịch thì:

$$\Delta S_{\text{hệ cô lập}} = 0 \Rightarrow S = \text{const}$$

Nếu trong hệ cô lập chỉ diễn ra quá trình không thuận nghịch thì  $\Delta S_{\text{hệ cô lập}} > 0$ , nghĩa là  $S_2 > S_1$ .

Về ý nghĩa vật lí, entropi S đặc trưng cho tính hỗn loạn của hệ nhiệt động.  $\Delta S$  trong một số quá trình:

- $P = \text{const}$ :

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} C_p d\ln T$$

Khi  $C_p$  là một hằng số thì:

$$\Delta S = C_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (7)$$

- $V = \text{const}$ :

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} C_v d\ln T = C_v \ln \frac{T_2}{T_1} \quad (8)$$

( $C_v$  là hằng số trong khoảng  $T_1, T_2$ )

- $\Delta S$  của khí lý tưởng: Đối với  $n$  mol khí lý tưởng thì:

$$\Delta S = nR \ln \frac{V_2}{V_1} + nC_v \ln \frac{T_2}{T_1} \quad \text{với } C_v = \text{const} \quad (9)$$

Hoặc:

$$\Delta S = nR \ln \frac{P_1}{P_2} + nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} \quad \text{với } C_p = \text{const} \quad (10)$$

$\Delta S$  của phản ứng hóa học:

$$\Delta S_{\text{phản ứng}} = \sum S_{\text{sản phẩm}} - \sum S_{\text{tham gia}}$$

Ở điều kiện chuẩn:

$$\Delta S_{\text{phản ứng}}^0 = \sum S_{\text{sản phẩm}}^0 - \sum S_{\text{tham gia}}^0$$

**Ví dụ 1:** Tính  $\Delta S$  trong quá trình:

- Dãn nở đẳng nhiệt 2 mol khí lý tưởng từ 1,2 lít đến 2,2 lít.
- Đun nóng 100 gam nước từ  $10^\circ\text{C}$  đến  $20^\circ\text{C}$  ở  $P = \text{const}$ , biết  $C_p$  của nước bằng  $75,3 \text{ J.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$ .
- Trộn 5 gam nước đá ở  $0^\circ\text{C}$  với 30 gam nước ở  $40^\circ\text{C}$  trong một hệ cô lập. Nhiệt nóng chảy của nước đá bằng  $334,4 \text{ J.gam}^{-1}$ , tỉ nhiệt của nước bằng  $4,18 \text{ J.K}^{-1}.\text{gam}^{-1}$ .

**Giải**

- Áp dụng công thức (9) trong điều kiện  $T = \text{const}$ , đối với 2 mol khí:

$$\Delta S = 2.8,314 \cdot \ln \frac{2,2}{1,2} = 10,07 \text{ J.K}^{-1}$$

- Áp dụng công thức:

$$\Delta S = nC_p \ln \frac{T_2}{T_1} = \frac{100}{18} \cdot 75,3 \ln \frac{273+20}{273+10} = 14,52 \text{ J.K}^{-1}$$

- Gọi  $t$  là nhiệt độ lúc cân bằng sau khi pha trộn. Ta có:

$$5.334,4 + 5.4,18t = 30.4,18(40 - t) \Rightarrow t = 22,85^\circ\text{C}$$

Gọi  $\Delta S_1$  là độ tăng entropi trong sự chuyển hóa 5 gam nước đá từ  $0^{\circ}\text{C}$  thành nước lỏng ở  $22,85^{\circ}\text{C}$ . Ta có:

$$\Delta S_1 = \frac{5.334,4}{273} + 5.4,18.\ln \frac{273 + 22,85}{273} = 7,80 \text{ J.K}^{-1}$$

Gọi  $\Delta S_2$  là độ giảm entropi trong sự chuyển hóa 30 gam nước lỏng từ  $40^{\circ}\text{C}$  thành nước lỏng ở  $22,85^{\circ}\text{C}$ . Ta có:

$$\Delta S_2 = 30.4,18.\ln \frac{273 + 22,85}{273 + 40} = - 7,06 \text{ J.K}^{-1}$$

$\Delta S$  trong sự trộn bằng tổng  $\Delta S_1$  và  $\Delta S_2$ :

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 7,80 - 7,06 = 0,74 \text{ J.K}^{-1}$$

**Ví dụ 2:** Tính  $\Delta S$  trong quá trình khuếch tán vào nhau của 0,5 mol khí  $\text{N}_2$  và 0,5 mol khí  $\text{O}_2$ . Ở trạng thái nguyên chất mỗi chất khí ở cùng điều kiện về nhiệt độ, áp suất và thể tích.

**Giải**

Sự khuếch tán của hai khí làm tăng gấp hai lần thể tích ở  $T = \text{const}$ , do đó:

$$\Delta S_{\text{O}_2} = nR\ln \frac{V_2}{V_1} = 0,5.8,314.\ln \frac{2}{1} = 2,88 \text{ J.K}^{-1}$$

$$\Delta S_{\text{N}_2} = nR\ln \frac{V_2}{V_1} = 0,5.8,314.\ln \frac{2}{1} = 2,88 \text{ J.K}^{-1}$$

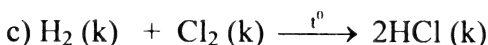
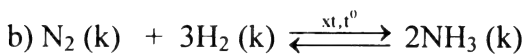
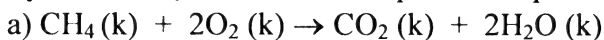
Vậy:

$$\Delta S = 2.2,88 = 5,76 \text{ J.K}^{-1}$$

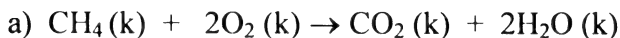
**Bảng giá trị entropi của một số chất ở điều kiện tiêu chuẩn.  $S^0$  ở  $25^{\circ}\text{C}$  ( $\text{J.K}^{-1}\text{mol}^{-1}$ )**

Rắn		Lỏng		Khí	
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	87,4	$\text{H}_2\text{O}$	70,1	$\text{NH}_3$	192,7
$\text{C}_{\text{kim cương}}$	2,4	$\text{CH}_3\text{OH}$	126,8	$\text{H}_2\text{S}$	205,6
$\text{C}_{\text{graphit}}$	5,8	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	160,7	$\text{CO}$	197,6
$\text{I}_2$	116,1	$\text{CH}_3\text{COOH}$	159,8	$\text{CO}_2$	213,7
$\text{P}_{\text{trắng}}$	41,1	$\text{Hg}$	75,9	$\text{H}_2$	130,6
$\text{S}_{\text{hình thoi}}$	32,0	$\text{CCl}_4$	216,4	$\text{N}_2$	191,5
$\text{Fe}$	27,3	$\text{Br}_2$	152,2	$\text{Cl}_2$	223,0
$\text{NaBr}$	87,2	$\text{HNO}_3$	155,6	$\text{O}_2$	205,0
$\text{NaCl}$	72,5			$\text{O}_3$	238,8
$\text{CaCO}_3$	92,9			$\text{HCl}$	186,8
$\text{CaO}$	38,1			$\text{CH}_4$	86,1
$\text{H}_2\text{O}$	39,3			$\text{H}_2\text{O}$	188,7

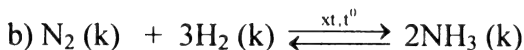
**Ví dụ 3:** Tính độ biến thiên entropi của các phản ứng sau ở điều kiện chuẩn:



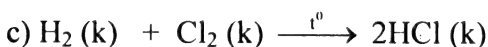
**Giải**



$$\Delta S^0 = S_{\text{CO}_2}^0 + 2S_{\text{H}_2\text{O}}^0 - (S_{\text{CH}_4}^0 + 2S_{\text{O}_2}^0) = 213,7 + 2.188,7 - (86,1 + 2.205) = 95 \text{ JK}^{-1}$$



$$\Delta S^0 = 2S_{\text{NH}_3}^0 - (S_{\text{N}_2}^0 + 3S_{\text{H}_2}^0) = 2.192,7 - (3.130,6 + 191,5) = -197,9 \text{ JK}^{-1}$$



$$\Delta S^0 = 2S_{\text{HCl}}^0 - (S_{\text{H}_2}^0 + S_{\text{Cl}_2}^0) = 2.186,8 - (130,6 + 223,0) = 20,0 \text{ JK}^{-1}$$

Biểu thức định lượng giữa năng lượng dưới dạng nhiệt của hệ truyền cho môi trường xung quanh ở áp suất không đổi và độ tăng entropi của môi trường xung quanh là:

$$\Delta S_{\text{môi trường xung quanh}} = - \frac{\Delta H_{\text{hệ}}}{T}$$

**Ví dụ 4:** Tính độ biến thiên entropi của quá trình làm tan 1 mol nước đá, biết nhiệt nóng chảy của nước đá là  $6020 \text{ J.mol}^{-1}$

**Giải**

$$\Delta S = \frac{n\Delta H_{\text{nc}}}{T} = \frac{1.6020}{273} = 22,05 \text{ J.K}^{-1}$$

### III. THỂ NHIỆT ĐỘNG G VÀ F

Từ nguyên lí II với sự xuất hiện hàm entropi S, ta đã biết rằng trong hệ cô lập chỉ có những quá trình nào làm tăng entropi ( $\Delta S > 0$ ) mới có thể tự xảy ra.

Đối với những quá trình xảy ra không trong điều kiện cô lập, thì có những hàm số khác với những biến số tương ứng; đó là những hàm số G (T, P) và hàm F (T, V). Chúng là các hàm trạng thái. Các hàm số G và F là các thể nhiệt động và được định nghĩa như sau:

$$G = H - TS ; F = U - TS$$

Thể nhiệt động G còn được gọi là năng lượng tự do Gipsơ; F còn được gọi là năng lượng tự do Hemhoxơ. G và F đều được gọi là năng lượng tự do vì đó là phần năng lượng tự do chuyển thành công.

Từ các biểu thức định nghĩa đối với G và F ta có:

• Đối với G ở T, P = const thì  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  (1)

• Đối với F ở T, V = const thì  $\Delta F = \Delta U - T\Delta S$  (2)

Các hàm G và F được dùng làm tiêu chuẩn đánh giá chiều hướng của quá trình. Thực vậy nếu quá trình tự xảy ra ở T, P = const thì phải kèm theo sự giảm của G tức là  $\Delta G = G_2 - G_1 < 0$ . Còn ở T, V = const quá trình diễn biến theo chiều giảm F tức là  $\Delta F = F_2 - F_1 < 0$ .

*Ghi chú:*

+) Trong thực tế khi tính  $\Delta G$  theo (1) chỉ có điều kiện đẳng áp, P = const, được tuân theo. Lúc đó ta dùng từ "chuẩn" thay cho từ "tiêu chuẩn". Vậy: *Điều kiện chuẩn hay trạng thái chuẩn của một chất, khi P = 1 atm là trạng thái bền nhất của chất ở điều kiện đó.*

Kí hiệu "0" vẫn được dùng có ghi thêm T như  $\Delta H_T^0$ ,  $\Delta S_T^0$ ,  $\Delta G_T^0$ . Tuy nhiên, để tránh rườm rà, người ta thường bỏ T. Do đó phải lưu ý *trạng thái tiêu chuẩn khác trạng thái chuẩn*.

+) Cũng như  $\Delta H$  thì  $\Delta G$  và  $\Delta S$  là các hàm của nhiệt độ, tức là  $\Delta G = f(T)$ ;  $\Delta S = f(T)$ . Lưu ý:

$$\frac{\Delta G_{T_2}^0}{T_2} - \frac{\Delta G_{T_1}^0}{T_1} = - \int_{T_1}^{T_2} \frac{\Delta H_T^0}{T^2} dT$$

Nếu  $\Delta H$  không phụ thuộc vào nhiệt độ thì:

$$\frac{\Delta G_{T_2}^0}{T_2} - \frac{\Delta G_{T_1}^0}{T_1} = \frac{\Delta H^0(T_2 - T_1)}{T_1 T_2}$$

+) Đối với phản ứng hóa học diễn ra ở điều kiện chuẩn thì:

$$\Delta G^0 = \Sigma \Delta G_{\text{h}}^0 (\text{sản phẩm}) - \Sigma \Delta G_{\text{h}}^0 (\text{chất đầu})$$

trong đó,  $\Delta G_{\text{h}}^0$  là biến thiên năng lượng tự do chuẩn của sự hình thành hợp chất từ các đơn chất. Đối với đơn chất  $\Delta G_{\text{h}}^0 = 0$ .

**Ví dụ:** Tính độ biến thiên năng lượng tự do Gipxơ của các phản ứng sau:

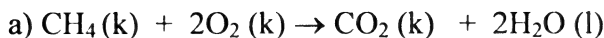
- $\text{CH}_4(\text{k}) + \text{O}_2(\text{k}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{k}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$
- $\text{CaCO}_3(\text{r}) \rightarrow \text{CaO}(\text{r}) + \text{CO}_2(\text{k})$
- $\text{NH}_3(\text{k}) + \text{Cl}_2(\text{k}) \rightarrow \text{N}_2(\text{k}) + \text{HCl}(\text{k})$
- $4\text{NO}_2(\text{k}) + \text{O}_2(\text{k}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 4\text{HNO}_3(\text{l})$

*Cho biết:* Năng lượng tự do Gipxơ,  $\Delta G^0$  (kJ.mol<sup>-1</sup>) ở (T = 25<sup>0</sup>C) của một số hợp chất như sau:

Hợp chất	$\Delta G^0$	Hợp chất	$\Delta G^0$
CH <sub>4</sub> (k)	-50,8	NH <sub>3</sub> (k)	-16,4
CO <sub>2</sub> (k)	-394,4	HCl (k)	-95,3
H <sub>2</sub> O (l)	-237,2	NO <sub>2</sub> (k)	51,3
CaCO <sub>3</sub> (r)	-1128,8	HNO <sub>3</sub> (l)	-80,8
CaO (r)	-605,5		



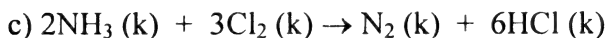
### Giải



$$\Delta G^0 = \Delta G_{\text{CO}_2}^0 + 2\Delta G_{\text{H}_2\text{O}}^0 - \Delta G_{\text{CH}_4}^0 = -394,4 + 2.(-237,2) - (-50,8) = -818 \text{ kJ}$$



$$\Delta G^0 = \Delta G_{\text{CaO}}^0 + \Delta G_{\text{CO}_2}^0 - \Delta G_{\text{CaCO}_3}^0 = -605,5 + (-394,4) - (-1128,8) = 128,9 \text{ kJ}$$



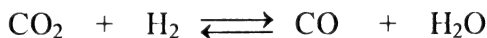
$$\Delta G^0 = 6\Delta G_{\text{HCl}}^0 - 2\Delta G_{\text{NH}_3}^0 = 6.(-95,3) - 2.(-16,4) = -539 \text{ kJ}$$



$$\Delta G^0 = 4\Delta G_{\text{HNO}_3}^0 - (4\Delta G_{\text{NO}_2}^0 + 2\Delta G_{\text{H}_2\text{O}}^0) = 4.(-80,8) - [4.51,3 + 2.(-237,2)] = -54 \text{ kJ}$$

## B. BÀI TẬP

1. Cho phản ứng sau với các dữ kiện nhiệt động của các chất ở 25<sup>0</sup>C:



$$\Delta H_{298}^0 \text{ (kJ/mol): } -393,5 \quad 0 \quad -110,5 \quad -241,8$$

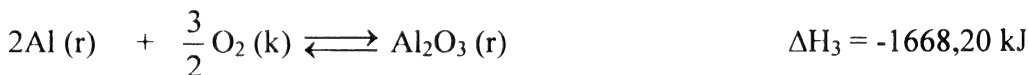
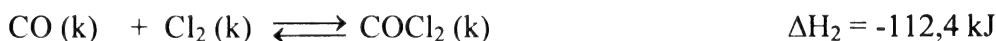
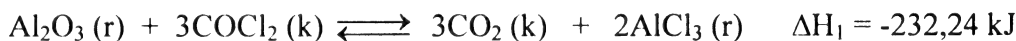
$$S_{298}^0 \text{ (J/mol): } 213,6 \quad 131 \quad 197,9 \quad 188,7$$

a) Hãy tính  $\Delta H_{298}^0$ ,  $\Delta S_{298}^0$ ,  $\Delta G_{298}^0$  của phản ứng và nhận xét phản ứng có tự xảy ra theo chiều thuận ở 25<sup>0</sup>C hay không?

b) Giả sử  $\Delta H$  của phản ứng không thay đổi theo nhiệt độ. Hãy tính  $\Delta G_{1273}^0$  của phản ứng thuận và nhận xét.

c) Hãy xác định nhiệt độ (°C) để phản ứng bắt đầu xảy ra (giả sử bỏ qua sự biến đổi của  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  theo nhiệt độ).

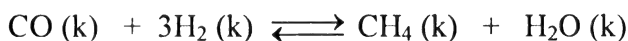
2. Tính nhiệt hình thành 1 mol  $\text{AlCl}_3$  biết:



Nhiệt hình thành của CO là -110,40 kJ.mol<sup>-1</sup>

Nhiệt hình thành của CO<sub>2</sub> là -393,13 kJ.mol<sup>-1</sup>

3. Tính năng lượng tự do Gíp-xơ của phản ứng sau ở 373<sup>0</sup>K:



Cho biết:

	$\text{CH}_4(\text{k})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{k})$	$\text{CO}(\text{k})$	$\text{H}_2(\text{k})$
$\Delta H_{298}^0 \text{ (kJ/mol)}$	-74,8	-241,8	-110,5	0
$S_{298}^0 \text{ (J/molK)}$	86,2	188,7	197,6	130,6

- a) Từ giá trị  $\Delta G^0$  tìm được có thể kết luận gì về khả năng tự diễn biến của phản ứng ở 373<sup>0</sup>K (coi  $\Delta H^0$  không phụ thuộc vào nhiệt độ).
- b) Tại nhiệt độ nào thì phản ứng trên tự xảy ra ở điều kiện chuẩn (coi  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  không phụ thuộc vào nhiệt độ).

4. Thiết lập chu trình Born - Haber để tính năng lượng mạng lưới ion của  $\text{CaCl}_2$  từ các dữ kiện thực nghiệm sau:

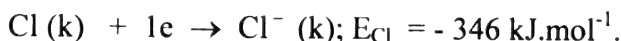
$$\Delta H_{298(\text{CaCl}_2)}^0 = -795 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$\text{Ca (r)} \rightarrow \text{Ca (k)}$  nhiệt nguyên tử hóa  $\Delta H_a^0 = 192 \text{ kJ.mol}^{-1}$

$\text{Ca (k)} - 2e \rightarrow \text{Ca}^{2+}$  năng lượng ion hóa  $\text{Ca: } I_1 + I_2 = 1745 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

Năng lượng liên kết Cl - Cl trong  $\text{Cl}_2$  là  $243 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

Năng lượng kết hợp electron của Cl:



5. Tính năng lượng liên kết trung bình C-H và C-C (298<sup>0</sup>K, 1 atm).

Nhiệt đốt cháy  $\text{CH}_4$ :  $\Delta H_1 = -801,7 \text{ kJ/mol}$ .

Nhiệt đốt cháy  $\text{C}_2\text{H}_6$ :  $\Delta H_2 = -1412,7 \text{ kJ/mol}$ .

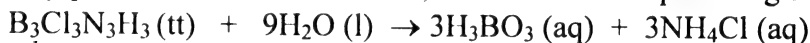
Nhiệt đốt cháy  $\text{H}_2$ :  $\Delta H_3 = -241,5 \text{ kJ/mol}$ .

Nhiệt đốt cháy than chì:  $\Delta H_4 = -393,4 \text{ kJ/mol}$ .

Năng lượng liên kết H-H:  $\Delta H_5 = 413,5 \text{ kJ/mol}$ .

Nhiệt hóa hơi than chì:  $\Delta H_6 = 715,0 \text{ kJ/mol}$ .

6. Entanpi thăng hoa của B-tricloborazin  $\text{B}_3\text{Cl}_3\text{N}_3\text{H}_3$  (tt) là  $71,500 \text{ kJ.mol}^{-1}$ , entanpi thủy phân của nó ở 25<sup>0</sup>C là  $-476,000 \text{ kJ.mol}^{-1}$  theo phản ứng sau:



Biết các số liệu sau:

$$\Delta H_{\text{H}_2\text{O (l)}}^0 = -285,200 (\text{kJ/mol})$$

$$\Delta H_{\text{H}_3\text{BO}_3 (\text{aq})}^0 = -1076,500 (\text{kJ/mol})$$

$$\Delta H_{\text{NH}_4\text{Cl (aq)}}^0 = -300,400 (\text{kJ/mol})$$

- a) Tính entanpi tạo thành của B - tricloborazin tinh thể và khí ở 298K.
- b) Entanpi tạo thành ở 298K của B(k), Cl (k), N (k) và H (k) lần lượt là: 562,700; 121,700; 427,700 và 218,000  $\text{kJ.mol}^{-1}$ . Tính năng lượng trung bình của liên kết B-N trong B-tricloborazin, biết năng lượng liên kết N-H là 386,000 và B-Cl là 456,000  $\text{kJ.mol}^{-1}$ .

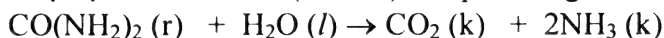
7. Cho phản ứng:  $\text{CO}_2 (\text{k}) \rightleftharpoons \text{CO (k)} + \frac{1}{2} \text{O}_2 (\text{k})$

Và các dữ kiện:

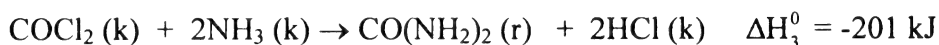
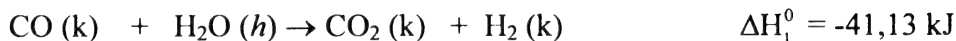
Chất	$\text{CO}_2$	$\text{CO}$	$\text{O}_2$
$\Delta H_{298}^0 (\text{kJ/mol})$	-393,1	-110,4	0
$\Delta S_{298}^0 (\text{J/mol})$	213,6	197,6	205,0

- a) Hãy tính  $\Delta H_{298}^0$ ,  $\Delta S_{298}^0$  và  $\Delta G_{298}^0$  của phản ứng. Từ đó cho biết ở điều kiện chuẩn ( $25^\circ\text{C}$ ) phản ứng trên có xảy ra theo chiều thuận hay không?
- b) Nếu coi  $\Delta H_{298}^0$ ,  $\Delta S_{298}^0$  không phụ thuộc vào nhiệt độ. Hãy cho biết ở nhiệt độ nào phản ứng trên có thể xảy ra.

8. Tính nhiệt tạo thành chuẩn (ở  $25^\circ\text{C}$ ) của phản ứng sau:



Biết ở cùng điều kiện đó:



Nhiệt tạo thành  $\text{HCl} (\text{k})$  là  $\Delta H_4^0 = -92,3 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

Nhiệt hóa hơi  $\text{H}_2\text{O} (298\text{K})$  là  $\Delta H_5^0 = -44,01 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

9. Cho các số liệu sau:

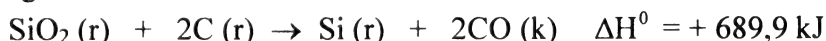
Chất	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (\text{h})$	$\text{C}_2\text{H}_4 (\text{k})$	$\text{H}_2\text{O} (\text{h})$
$\Delta G_{298}^0 (\text{kJ.mol}^{-1})$	-168,6	68,12	-228,59
$S_{298}^0 (\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1})$	282,0	219,45	188,72

Với phương trình hóa học:  $\text{C}_2\text{H}_4 (\text{k}) + \text{H}_2\text{O} (\text{h}) \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} (\text{h})$

a) Hỏi ở  $25^\circ\text{C}$  phản ứng trên xảy ra theo chiều nào?

b) Phản ứng trên tỏa nhiệt hay thu nhiệt ?

10. Cho phản ứng:



a) Tính nhiệt tạo thành chuẩn  $\text{SiO}_2$ . Biết nhiệt tạo thành chuẩn của  $\text{CO}$  là  $-110,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

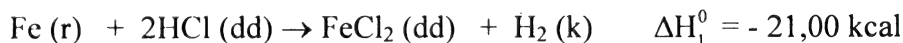
b) Tính entropi của phản ứng trên ( $\Delta S^0$ ), biết:

Chất	C	CO	Si	$\text{SiO}_2$
Entropi chuẩn ( $S^0$ ) $\text{J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$	5,7	197,6	18,8	41,8

c) Tính thế đẳng áp chuẩn ( $\Delta G^0$ ) của phản ứng trên ở  $25^\circ\text{C}$ .

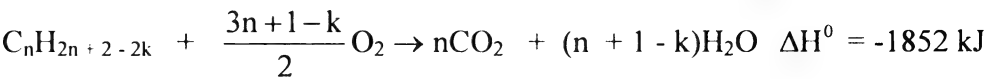
d) Hãy xác định nhiệt độ tối thiểu để phản ứng trên xảy ra. Biết  $\Delta H^0$ ,  $\Delta S^0$  của phản ứng trên không phụ thuộc vào nhiệt độ.

11. Tính nhiệt tạo thành tiêu chuẩn của  $\text{FeCl}_2 (\text{r})$  biết:



Kí hiệu aq để chỉ một lượng nước đủ lớn.

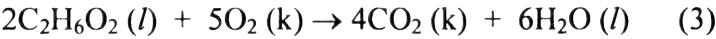
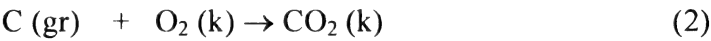
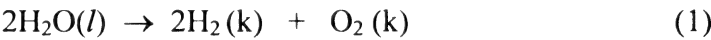
12. X là hidrocarbon mạch hở phân tử chỉ chứa liên kết đơn hoặc liên kết đôi. Phương trình nhiệt hóa học của phản ứng cháy của X như sau:



Trong đó n là số nguyên tử cacbon và k là số liên kết đôi C=C trong X. Xác định công thức cấu tạo của X biết rằng năng lượng các liên kết như sau:

Liên kết	O=O	H-O	C-H	C=O	C=C	C-C
Năng lượng liên kết (kJ.mol <sup>-1</sup> )	498	467	413	799	611	414

13. Cho phản ứng hóa học:



Ở 300K ta có:

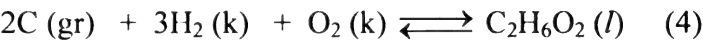
Phản ứng	$\Delta H^0$ (kJ)	$\Delta G^0$ (kJ)
(1)	571,155	473,928
(2)	-393,129	-394,007
(3)	-2286,293	-2353,089

Còn có:

Chất	C (gr)	H <sub>2</sub> (k)	O <sub>2</sub> (k)	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O (l)
C <sub>p</sub> (J.K <sup>-1</sup> .mol <sup>-1</sup> )	8,527	28,591	29,176	148,181

Nhiệt dung trong bình đó hằng định trong khoảng từ 280K đến 370K.

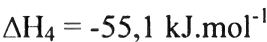
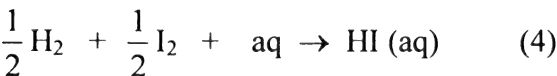
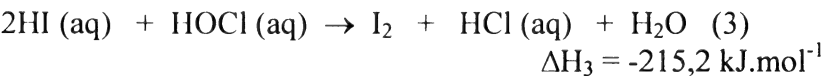
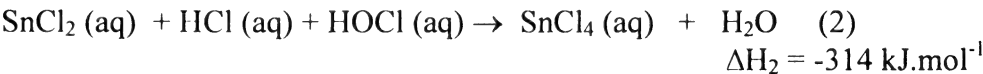
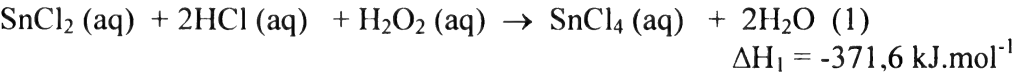
Với phản ứng:

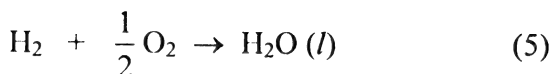


Hãy:

- a) Tính  $\Delta U_4^0$  và  $\Delta G_4^0$  tại 300K.
- b) Tìm phương trình biểu thị  $\Delta H_4^0$  là hàm của nhiệt độ và cho biết phương trình này được áp dụng trong khoảng nhiệt độ nào?

14. Tính entanpi hình thành H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> trong nước dựa vào các dữ liệu sau:



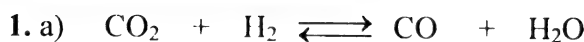


$$\Delta H_5 = -286 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

15. Xác định nhiệt hình thành chuẩn ở 25°C đối với propan ở điều kiện đẳng áp và đẳng tích biết:

- Nhiệt đốt cháy của propan là  $-2220 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .
- Nhiệt hình thành của nước bằng  $-286 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .
- Nhiệt hình thành của khí cacbonic là  $-393,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$

### C. HƯỚNG DẪN GIẢI



$$\begin{aligned} \Delta H_{298}^0 &= \Delta H_{298}^0(\text{CO}) + \Delta H_{298}^0(\text{H}_2\text{O}) - [\Delta H_{298}^0(\text{CO}_2) + \Delta H_{298}^0(\text{H}_2)] \\ &= -110,5 - 241,8 - (-393,5) = 41,2 \text{ kJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta S_{298}^0 &= [S_{298}^0(\text{CO}) + S_{298}^0(\text{H}_2\text{O})] - [S_{298}^0(\text{CO}_2) + S_{298}^0(\text{H}_2)] \\ &= 197,9 + 188,7 - (213,6 + 131) = 42 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T \Delta S_{298}^0 = 41200 - 298.42 = 28,684 \text{ kJ}$$

Vì  $\Delta G_{298}^0 > 0$  nên phản ứng không tự xảy ra theo chiều thuận ở 25°C

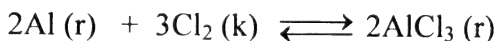
b) Ta có: 
$$\frac{\Delta G_T^0}{T} = \frac{\Delta G_{298}^0}{298} + \frac{\Delta H^0(T-298)}{298T}$$

Với  $T = 1273^0\text{K} \Rightarrow \Delta G_{1273}^0 = -12,66 \text{ J} < 0$  nên phản ứng tự xảy ra theo chiều thuận.

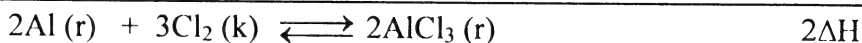
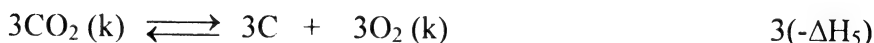
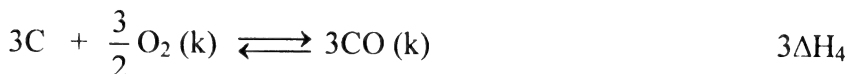
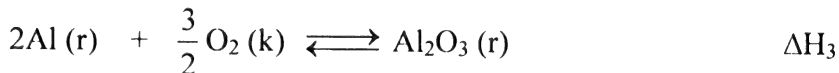
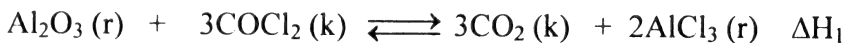
c) Để phản ứng bắt đầu xảy ra thì  $\Delta G_T^0 = \Delta H^0 - T \Delta S^0 < 0$

$$\Rightarrow T > \frac{\Delta H^0}{\Delta S^0} = \frac{41200}{42} = 980,95^0\text{K} \Rightarrow t > 980,95 - 273 = 707,95^0\text{C}$$

2. Phương trình phản ứng:



Ta có các quá trình sau:



$$\begin{aligned}\Rightarrow 2\Delta H &= \Delta H_1 + 3\Delta H_2 + \Delta H_3 + 3\Delta H_4 + 3(-\Delta H_5) \\ &= -232,24 + 3(-112,40) + (-1668,20) + 3(-110,40) + 3(393,13) \\ &= -1389,45 \text{ kJ}\end{aligned}$$

Vậy, nhiệt hình thành 1 mol  $\text{AlCl}_3$  là  $-694,725 \text{ kJ}$

3. Ta có:

$$\Delta H_{298}^0 (\text{phản ứng}) = -74,8 + (-241,8) - (-110,5 + 3.0) = -206,1 \text{ kJ}$$

$$\Delta S_{298}^0 (\text{phản ứng}) = 86,2 + 188,7 - (197,6 + 3.130,6) = -314,5 \text{ J}$$

$$\Rightarrow \Delta G_{298}^0 (\text{phản ứng}) = \Delta H_{298}^0 - 298\Delta S_{298}^0 = 206100 - 298.(-314,5) = 299,821.10^3 \text{ J}$$

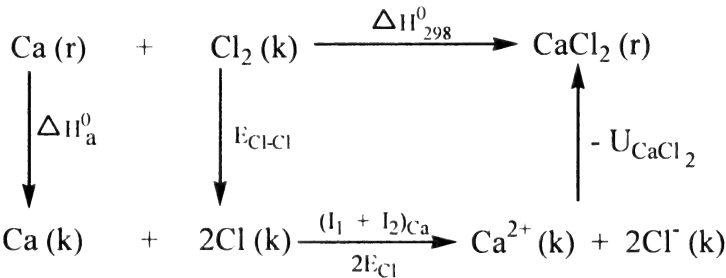
$$\Rightarrow \frac{\Delta G_{373}^0}{373} = \frac{\Delta G_{298}^0}{298} + \frac{\Delta H^0(373-298)}{298.373} = \frac{299,821}{298} + \frac{206,1(373-298)}{298.373}$$

$$\Rightarrow \Delta G_{373}^0 (\text{phản ứng}) = 427,15 \text{ kJ}$$

a) Vì  $\Delta G_{373}^0 > 0$  nên phản ứng không tự xảy ra theo chiều thuận ở  $373^0\text{K}$ .

b) Để phản ứng bắt đầu xảy ra thì  $\Delta G_T^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 < 0$ . Do  $\Delta H^0 > 0$  và  $\Delta S^0 < 0$  nên  $\Delta G_T^0 > 0$  nên phản ứng không thể xảy ra theo chiều thuận ở bất kì nhiệt độ nào.

4. Chu trình Born - Haber:

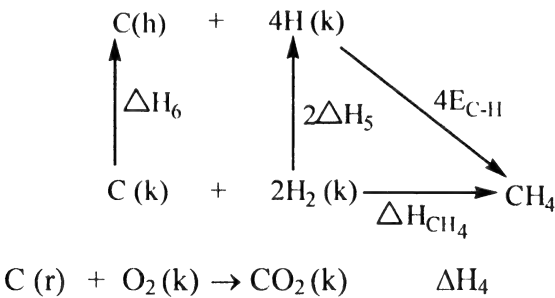


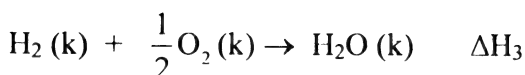
Áp dụng định luật Hess:

$$\Delta H_{298}^0 = \Delta H_a^0 + E_{\text{Cl-Cl}} + (I_1 + I_2)_{\text{Ca}} + 2E_{\text{Cl}} - U_{\text{CaCl}_2}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow U_{\text{CaCl}_2} &= \Delta H_a^0 + E_{\text{Cl-Cl}} + (I_1 + I_2)_{\text{Ca}} + 2E_{\text{Cl}} - \Delta H_{298}^0 \\ &= 192 + 243 + 1745 - 2.364 + 795 = 2247 \text{ kJ.mol}^{-1}\end{aligned}$$

5. • Tính năng lượng liên kết trung bình C-H

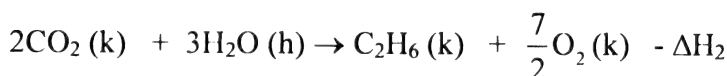
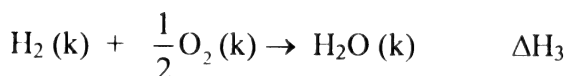
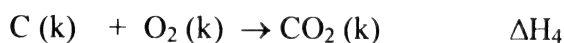
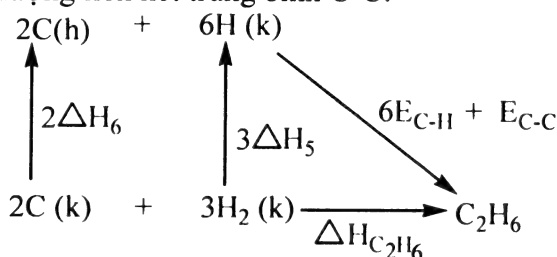




$$\Rightarrow \Delta\text{H}_{\text{CH}_4} = \Delta\text{H}_4 + 2\Delta\text{H}_3 - \Delta\text{H}_1 = -74,7 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow E_{\text{C-H}} = \frac{\Delta\text{H}_{\text{CH}_4} - \Delta\text{H}_6 - 2\Delta\text{H}_5}{4} = -404,175 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

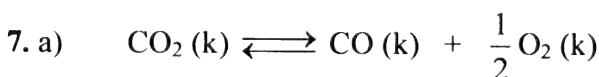
• Tính năng lượng liên kết trung bình C-C:



$$\Rightarrow \Delta\text{H}_{\text{C}_2\text{H}_6} = 2\Delta\text{H}_4 + 3\Delta\text{H}_3 - \Delta\text{H}_2 = -98,6 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow E_{\text{C-C}} = \Delta\text{H}_{\text{C}_2\text{H}_6} - 2\Delta\text{H}_6 - 3\Delta\text{H}_5 - 6E_{\text{C-H}} = -344,05 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

6. (bạn đọc tự giải)



$$\Delta\text{H}_{298}^0(\text{phản ứng}) = \Delta\text{H}_{298}^0(\text{CO}) - \Delta\text{H}_{298}^0(\text{CO}_2) = -110,4 - (393,1) = 282,7 \text{ (kJ)}$$

$$\Delta\text{S}_{298}^0(\text{phản ứng}) = \Delta\text{S}_{298}^0(\text{CO}) + \frac{1}{2}\Delta\text{S}_{298}^0(\text{O}_2) - \Delta\text{S}_{298}^0(\text{CO}_2) = 86,5 \text{ (J)}$$

$$\begin{aligned} \Delta\text{G}_{298}^0(\text{phản ứng}) &= \Delta\text{H}_{298}^0(\text{phản ứng}) - T\Delta\text{S}_{298}^0(\text{phản ứng}) \\ &= 282,7 \cdot 10^3 - 298 \cdot 86,5 = 256,923 \text{ (kJ)} \end{aligned}$$

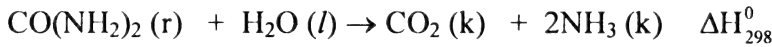
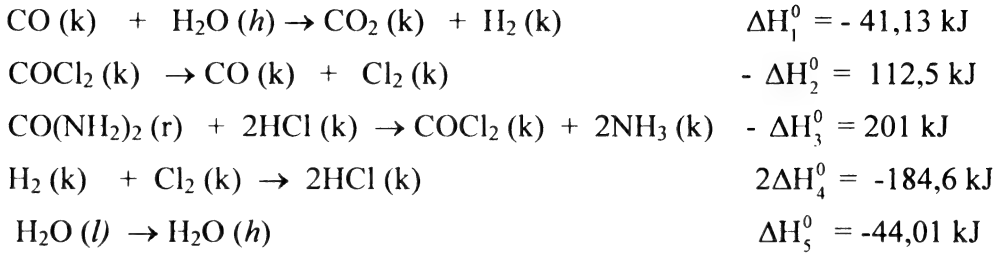
Vì  $\Delta\text{G}_{298}^0 > 0$  nên ở  $25^\circ\text{C}$  phản ứng không xảy ra theo chiều thuận.

b) Để phản ứng xảy ra theo chiều thuận thì  $\Delta\text{G}_{298}^0 < 0 \Rightarrow \Delta\text{H}_{298}^0 - T\Delta\text{S}_{298}^0 < 0$

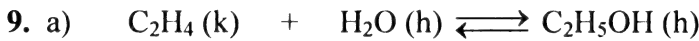
$$\Rightarrow T > \frac{\Delta\text{H}_{298}^0}{\Delta\text{S}_{298}^0} = \frac{282,7 \cdot 10^3}{86,5} \Rightarrow T > 3268,2\text{K}$$

Vậy ở nhiệt độ lớn hơn  $2995,2^\circ\text{C}$  thì phản ứng tự diễn biến.

8.



$$\Rightarrow \Delta H_{298}^0 = \Delta H_1^0 - (\Delta H_2^0 + \Delta H_3^0) + 2\Delta H_4^0 + \Delta H_5^0 = 43,76 \text{ kJ}$$



Ta có:

$$\begin{aligned}
 \Delta G_{298}^0 \text{ (phản ứng)} &= \Delta G_{298(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}^0 - (\Delta G_{298(\text{C}_2\text{H}_4)}^0 + \Delta G_{298(\text{H}_2\text{O})}^0) \\
 &= -168,6 - (68,12 - 228,59) = -8,13 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

Vì  $\Delta G_{298}^0 \text{ (phản ứng)} < 0$  nên phản ứng xảy ra theo chiều thuận.

b)

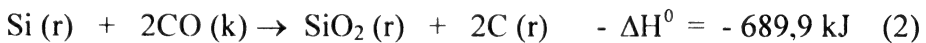
$$\begin{aligned}
 \Delta S_{298}^0 \text{ (phản ứng)} &= S_{298(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})}^0 - S_{298(\text{C}_2\text{H}_4)}^0 - S_{298(\text{H}_2\text{O})}^0 \\
 &= 282,0 - (188,72 + 219,45) = -126,17 \text{ J.K}^{-1}
 \end{aligned}$$

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0$$

$$\begin{aligned}
 \Rightarrow \Delta H_{298}^0 \text{ (phản ứng)} &= \Delta G_{298}^0 \text{ (phản ứng)} + T\Delta S_{298}^0 \text{ (phản ứng)} \\
 &= -8130 + 298.(-126,17) = -45728,66 \text{ J} < 0
 \end{aligned}$$

$\Rightarrow$  Đó là phản ứng tỏa nhiệt.

10. a) Ta có:



b) Ta có:

$$\Delta S^0 = 2S_{\text{CO}}^0 + S_{\text{Si}}^0 - (S_{\text{SiO}_2}^0 + 2S_{\text{C}}^0) = 2.197,6 + 18,8 - (41,8 + 2.5,7) = 360,8 \text{ J.K}^{-1}$$

c) Áp dụng công thức:

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0 \Rightarrow \Delta G_{298}^0 = 689,9.10^3 - 298.360,8 = 582,4.10^3 \text{ J}$$

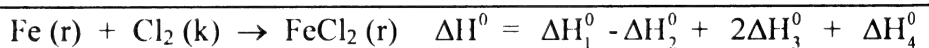
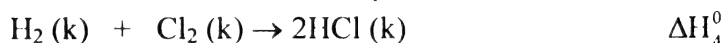
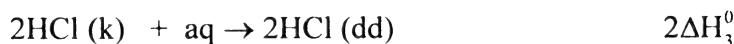
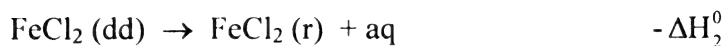
d) Phản ứng trên xảy ra khi  $\Delta G^0 < 0 \Rightarrow \Delta H^0 - T\Delta S^0 < 0$

$$\Rightarrow T > \frac{\Delta H^0}{\Delta S^0} = \frac{689,9.10^3}{360,8} = 1912 \text{ K}$$

Vậy ở nhiệt độ từ  $1639^\circ\text{C}$  trở lên thì phản ứng xảy ra.



11. Ta có các quá trình:



$$\Rightarrow \Delta H^0 = -21,00 + 19,50 + 2.(-17,50) - 44,48 = -80,98 \text{ kcal}$$

Vậy nhiệt tạo thành tiêu chuẩn của  $\text{FeCl}_2 \text{ (r)}$  là  $-80,98 \text{ kcal}$ .

12. Ta có:

$$\Delta H^0 = (n-1-k)E_{\text{C-C}} + kE_{\text{C=C}} + (2n+2-2k)E_{\text{C-H}} + \frac{3n+1-k}{2}E_{\text{O=O}} - 2nE_{\text{C=O}}$$

$$-2(n+1-k)E_{\text{O-H}} = -1852$$

$$\Rightarrow 545n = 1579 + 56k$$

$$\text{Vì } 0 \leq k \leq n-1 \Rightarrow \frac{1579}{545} \leq n \leq \frac{1523}{489} \Rightarrow 2,897 \leq n \leq 3,115 \Rightarrow n=3 \Rightarrow k=1$$

Công thức cấu tạo của X là  $\text{CH}_3\text{-CH=CH}_2$ .

13.

a) Để thu được phản ứng :



Ta có:

$$(4) = \left[ -(1) \cdot \frac{3}{2} \right] + [(2) \cdot 2] + [ -(3) \cdot \frac{1}{2} ]$$

a) Nên:

$$\Delta H_4^0 = -\frac{3}{2}\Delta H_1^0 + 2\Delta H_2^0 + (-\frac{1}{2})\Delta H_3^0 = -499,844 \text{ kJ}$$

Coi các chất khí là lí tưởng, ta có:  $Q_p = \Delta H = \Delta U + P\Delta V$

$$\text{Mà } P\Delta V = \Delta nRT \Rightarrow \Delta U_4^0 = \Delta H_4^0 - P\Delta V$$

$$= \Delta H_4^0 - \Delta nRT = -499,844 + 4,8 \cdot 314^{-3} \cdot 300 = -489,8672 \text{ kJ}$$

Mặt khác:

$$\Delta G_4^0 = -\frac{3}{2}\Delta G_1^0 + 2\Delta G_2^0 + (-\frac{1}{2})\Delta G_3^0 = -322,3615 \text{ kJ}$$

b) Theo định luật Kirchhoff ta có:

$$\Delta H_T^0 = \Delta H_4^0 + \Delta C_p(T-300) \quad (*)$$

$$\text{Mà: } \Delta C_p = \Delta C_{p(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)} - [2\Delta C_{p(\text{C}_{gr})} + 3\Delta C_{p(\text{H}_2 \text{ (k)})} + \Delta C_{p(\text{O}_2 \text{ (k)})}] = 16,178 \cdot 10^{-3} \text{ kJ}$$

Thay các giá trị  $\Delta C_p$  và  $\Delta H_4^0$  vào (\*) ta được:

$$\Delta H_T^0 = 16,178.10^{-3}T - 300.16,178.10^{-3} - 499,844 = 16,178.10^{-3}T - 504,6974$$

Phương trình trên chỉ áp dụng trong khoảng  $280K \leq T \leq 370K$ , ứng với sự hằng định của  $\Delta C_p$ .

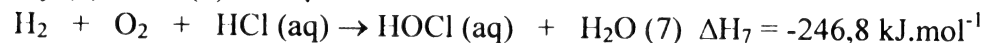
14.

Ta vận dụng định luật Hess đối với phản ứng trong dung dịch nước.

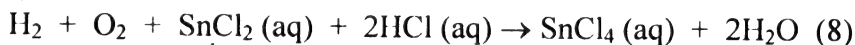
Lấy (5)x2 - (4)x2 ta được:



Lấy (6) trừ đi (3) ta được:

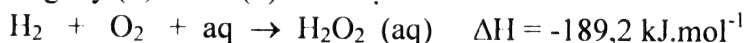


(2) + (7) cho ta:



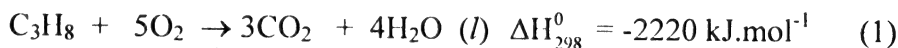
$$\Delta H_8 = -560,8 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

Cuối cùng lấy (8) trừ đi (1) thu được:

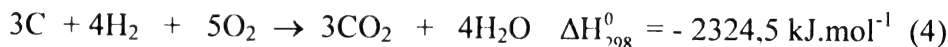


Vậy nhiệt hình thành dung dịch  $H_2O_2$  trong nước là  $-189,2 \text{ kJ.mol}^{-1}$ .

15. Ta có:



Lấy (2)x4 + (3)x3 ta được:



Lấy (4) - (1) cuối cùng ta được:



Vậy nhiệt hình thành chuẩn đẳng áp ở  $25^0C$  của propan là  $-104,5 \text{ kJ}$ .

Nhiệt hình thành chuẩn đẳng tích ở  $25^0C$  của propan được xác định theo phương trình:

$$\Delta U^0 = \Delta H^0 - \Delta nRT$$

Đối với sự hình thành propan:

$$\Delta n = 1 - 4 = -3$$

Vậy:

$$\Delta U_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 + 3.8,314.298.10^{-3} = -104,5 + 3.8,314.298.10^{-3} = -97 \text{ kJ}$$

**A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO**

**I. TỐC ĐỘ PHẢN ỨNG**

**1. Khái niệm về tốc độ phản ứng**

Tốc độ của một phản ứng hóa học (thường kí hiệu là  $v$ ) là độ biến thiên nồng độ của một trong các chất phản ứng hoặc sản phẩm trong một đơn vị thời gian.

Theo quy ước, nồng độ tính bằng mol/l, còn đơn vị thời gian có thể là giây (s), phút (ph), giờ (h),...

Trường hợp chung, tốc độ  $v$  là hàm của nồng độ và nhiệt độ, nghĩa là  $v = f(C, T)$ .  
Khi  $T = \text{const}$  thì  $v = f(C)$ .

**2. Tốc độ trung bình của phản ứng**

Xét biến thiên nồng độ  $\Delta C$  trong khoảng thời gian  $\Delta t$ , ta có:

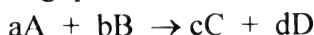
$$\bar{v} = \pm \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

Dấu (+) ứng với chất tạo thành (sản phẩm), dấu (-) ứng với chất tham gia (chất đầu)

Giả sử có phản ứng:  $A + B \rightarrow C + D$ , với tốc độ trung bình của phản ứng trong khoảng thời gian  $t_1$  đến  $t_2$  là  $\bar{v}$ . Như vậy tốc độ phản ứng được xác định theo biểu thức:

$$\bar{v} = -\frac{[A_2] - [A_1]}{t_2 - t_1} = -\frac{[B_2] - [B_1]}{t_2 - t_1} = \frac{[C_2] - [C_1]}{t_2 - t_1} = \frac{[D_2] - [D_1]}{t_2 - t_1}$$

Đối với phản ứng tổng quát:



Muốn cho tốc độ phản ứng đơn giá (nghĩa là tính theo bất cứ chất nào: A, B, C hay D đều cho cùng một giá trị) thì độ biến thiên nồng độ phải chia cho hệ số tỉ lượng tương ứng, nghĩa là

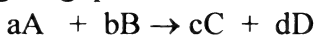
$$\begin{aligned} \bar{v} &= -\frac{1}{a} \cdot \frac{[A_2] - [A_1]}{t_2 - t_1} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{[B_2] - [B_1]}{t_2 - t_1} = \frac{1}{c} \cdot \frac{[C_2] - [C_1]}{t_2 - t_1} = \frac{1}{d} \cdot \frac{[D_2] - [D_1]}{t_2 - t_1} \\ &= -\frac{1}{a} \cdot \frac{\Delta[A]}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{\Delta[B]}{\Delta t} = \frac{1}{c} \cdot \frac{\Delta[C]}{\Delta t} = \frac{1}{d} \cdot \frac{\Delta[D]}{\Delta t} \end{aligned}$$

**Tốc độ tức thời:** Xét các đại lượng biến thiên trên đủ nhỏ, nghĩa là  $v = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \bar{v}$

Lúc đó:  $v = \pm \frac{dC}{dt}$

$v$  được gọi là tốc độ tức thời của phản ứng.

Xét phản ứng tổng quát:



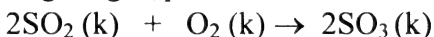
Tốc độ của phản ứng trên được xác định bằng một trong các đại lượng sau:

$$-\frac{dC_A}{dt}; -\frac{dC_B}{dt}; \frac{dC_C}{dt}; \frac{dC_D}{dt}$$

Các đại lượng trên có thể khác nhau. Để tốc độ phản ứng đơn giá thì ta viết:

$$v = -\frac{1}{a} \cdot \frac{dC_A}{dt} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{dC_B}{dt} = \frac{1}{c} \cdot \frac{dC_C}{dt} = \frac{1}{d} \cdot \frac{dC_D}{dt}$$

Ví dụ: Xét phản ứng tổng hợp  $SO_3$ :



- Tốc độ trung bình của phản ứng:

$$v = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta[SO_2]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[O_2]}{\Delta t} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta[SO_3]}{\Delta t}$$

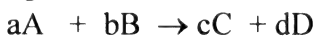
- Tốc độ tức thời của phản ứng:

$$v = -\frac{1}{2} \cdot \frac{dC_{SO_2}}{dt} = \frac{dC_{O_2}}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \frac{dC_{SO_3}}{dt}$$

### 3. Hằng số tốc độ phản ứng

- Từ thực nghiệm, một quy luật được phát hiện là: *Tốc độ của một phản ứng tỉ lệ với tích số nồng độ tại thời điểm đang xét của các chất tham gia, mỗi nồng độ đó trong trường hợp đơn giản - có số mũ bằng đúng hệ số các chất trong phản ứng.* Đó là nội dung của định luật tác dụng khối lượng do hai nhà bác học Na uy là G.Guldberg và P.Waage đưa ra vào năm 1867.

Đối với phản ứng:



Ta có:

$$v = kC_A^a C_B^b \quad (*)$$

Trong đó:  $C_A, C_B$  là nồng độ chất A và B tại thời điểm đang xét.

a, b là hệ số tương ứng của chất A, chất B trong phương trình phản ứng.

k là hằng số tốc độ của phản ứng; k càng lớn tốc độ phản ứng càng lớn. Hằng số k phụ thuộc vào bản chất của phản ứng, vào nhiệt độ, vào dung môi và vào chất xúc tác.

Biểu thức (\*) được gọi là *phương trình động học của phản ứng hóa học*. Mỗi phản ứng hóa học có một phương trình động học tương ứng.

### 4. Bậc phản ứng. Một số phản ứng đơn giản

#### a) Bậc phản ứng

Bậc riêng phần của phản ứng là trị số riêng rẽ của từng số mũ a, b, ... trong phương trình động học.

Bậc toàn phần của một phản ứng là tổng các số mũ của các chất trong phương trình động học của phản ứng đó.

Giả sử có phản ứng:



Tốc độ phản ứng được xác định theo biểu thức:

$$v = kC_A^x C_B^y \dots$$

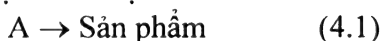
Trong đó x là bậc phản ứng đối với A, y là bậc phản ứng đối với B, tổng x + y là bậc toàn phần của phản ứng trên.

Bậc phản ứng thường là những số nguyên nhỏ (0, 1, 2, 3) nhưng cũng có thể là phân số. Thông thường ta gặp phản ứng bậc 1, bậc 2, bậc 3 và các số mũ x, y trùng với giá trị a, b nên tốc độ phản ứng trên được viết:

$$v = kC_A^a C_B^b \dots$$

b) Một số loại phản ứng đơn giản

- Phản ứng một chiều bậc nhất



Ta có:

$$v = kC_A$$

Gọi a là nồng độ ban đầu của A tại thời điểm t = 0; nồng độ của A đã phản ứng sau thời gian dt là x. Khi đó:

$$C_A = a - x$$

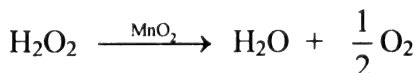
$$\Rightarrow v = -\frac{dC_A}{dt} = -\frac{d(a-x)}{dt} = k(a-x) \quad (4.2)$$

Biểu thức (2) là phương trình động học dưới dạng vi phân của phản ứng (1). Lấy tích phân không xác định hai vế biểu thức (2) ta được:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x} \quad (4.3)$$

**Ví dụ 1:** Cho chất xúc tác  $MnO_2$  vào 100 ml dung dịch  $H_2O_2$  0,05M, sau 60 giây thu được 33,6 ml khí  $O_2$  (ở đktc). Hãy xác định hằng số tốc độ k của phản ứng.

**Giải**



$$\text{Mol: } 3.10^{-3} \quad \leftarrow \quad 1,5.10^{-3}$$

$\Rightarrow$  Nồng độ  $H_2O_2$  đã mất đi trong khoảng thời gian 60 giây là

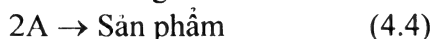
$$x = \frac{3.10^{-3}}{0,1} = 0,03 \text{ M}$$

$$\text{Vậy: } k = \frac{1}{60} \ln \frac{0,05}{0,05-0,03} = 1,527.10^{-2} \text{ s}^{-1}$$

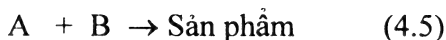
- Phản ứng một chiều bậc hai

Có hai trường hợp về loại phản ứng này:

**Trường hợp 1:** Sơ đồ chung là



Hoặc:



Với nồng độ ban đầu của A, B bằng nhau. Phương trình động học cho hai loại phản ứng trên là

$$v = -\frac{d(a-x)}{dt} = k(a-x)^2$$

Lấy tích phân hai vế ta được:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)} \quad (4.6)$$

*Trường hợp 2:* Sơ đồ chung như (4.5) nhưng nồng độ ban đầu của A và B khác nhau. Phương trình động học là

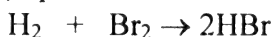
$$k = \frac{t}{a-b} \ln \frac{b(a-x)}{a(b-x)} \quad (4.7)$$

Trong đó  $a > b$ ;  $a$  là nồng độ ban đầu của chất A;  $b$  là nồng độ ban đầu của chất B.

• Các loại phản ứng đơn giản khác

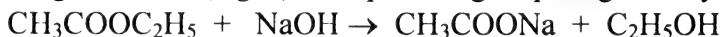
- Phản ứng bậc 0: Khi đó  $v = k$

- Phản ứng bậc phân số như



- Phản ứng bậc 3 trở lên ít gặp.

**Ví dụ 2:** Người ta nghiên cứu động học của phản ứng xà phòng hóa etyl axetat:



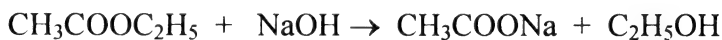
Nồng độ ban đầu của etyl axetat và NaOH đều bằng 0,05M. Phản ứng được theo dõi bằng cách lấy 10 ml dung dịch hỗn hợp phản ứng ở từng thời điểm  $t$  và chuẩn độ bằng  $V$  ml dung dịch HCl 0,01M. Kết quả như sau:

$t$ (phút)	4	9	15	24	37	53
$V$ (ml)	44,1	38,6	33,7	27,9	22,9	18,5

Tính bậc của phản ứng, hằng số tốc độ phản ứng và chu kì bán hủy của phản ứng.

**Giải**

a)



$t = 0$             0,05                      0,05

$t$                 0,05 -  $x$                       0,05 -  $x$

Giả sử phản ứng trên là bậc 2. Ta có:  $k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)} = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{0,05(0,05-x)}$  (\*)

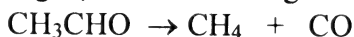
Theo phép chuẩn độ:  $10(a-x) = 0,01V$ . Xác định được  $0,05 - x$  tại thời điểm  $t$ , thay vào (\*) ta tính được  $k$ . Kết quả  $k = \text{const}$ , nghĩa là giả thiết phản ứng bậc 2 là đúng.

$\Rightarrow k = 0,651$  và  $t_{1/2} \approx 30$  phút.

### c) Phản ứng phức tạp

Khác với phản ứng đơn giản, phản ứng phức tạp diễn ra theo nhiều giai đoạn trung gian, do đó phương trình hóa học ở dạng tổng quát chỉ là sự tổ hợp của nhiều phản ứng trung gian vì vậy nó không biểu thị cơ chế phản ứng. Trong trường hợp này bậc và phân tử số không trùng nhau. Ta xét hai thí dụ sau:

**Thí dụ 1:** Sự nhiệt phân etanal ( $\text{CH}_3\text{CHO}$ ) không tuân theo quy luật đơn giản về sự biến thiên nồng độ chất theo thời gian:



Phương trình động học có dạng:  $v = kC_{\text{CH}_3\text{CHO}}^{3/2}$

Bậc động học của phản ứng này là 3/2.

**Thí dụ 2:** Phản ứng iot hóa axeton là phản ứng bậc 1:



$$v = kC_{\text{CH}_3\text{COCH}_3}$$

Đây là phản ứng phức tạp diễn ra theo hai giai đoạn:



Phản ứng (1) xảy ra chậm hơn nhiều so với phản ứng (2), do đó tốc độ phản ứng (1) quyết định tốc độ của phản ứng giữa axeton và  $\text{I}_2$ .

### d) Thời gian bán hủy

Thời điểm để lượng ban đầu của chất phản ứng mất đi (hay còn lại) một nửa được gọi là thời gian bán hủy hay chu kì bán hủy. Kí hiệu:  $t_{1/2}$  hay  $T_{1/2}$ .

## 5. Sơ lược về cơ chế phản ứng

Sự mô tả chi tiết quá trình biến đổi từ các chất tham gia thành các sản phẩm gọi là cơ chế phản ứng. Dưới đây ta xét một số trường hợp:

### a) Các phản ứng một giai đoạn

#### - Phản ứng đơn phân tử:

Loại phản ứng này xảy ra do sự tự phân hủy chất hoặc tự thay đổi trật tự liên kết của các nguyên tử trong phân tử. Sơ đồ chung:



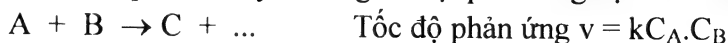
Đây là loại phản ứng bậc nhất, do đó tốc độ phản ứng:  $v = kC_A$

**Ví dụ:**

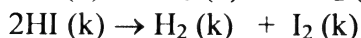
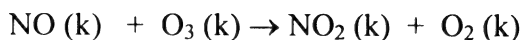


#### - Phản ứng lưỡng (hai) phân tử:

Trong loại phản ứng này, chỉ có một giai đoạn, hai phân tử ban đầu va chạm với nhau tạo ra sản phẩm. Đây thường là loại phản ứng bậc 2. Sơ đồ tổng quát:

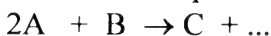


Ví dụ:



- *Phản ứng tam (ba) phân tử:*

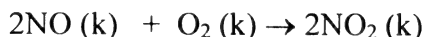
Là phản ứng xảy ra do sự va chạm đồng thời của ba phân tử. Số phản ứng loại này rất ít vì xác suất ba phân tử va chạm đồng thời rất nhỏ. Sơ đồ tổng quát:



Đây là phản ứng bậc 3 nên tốc độ phản ứng:

$$v = kC_A^2 \cdot C_B$$

Ví dụ:



Đối với phản ứng từ từ (bốn) phân tử trở lên rất hiếm gặp.

b) *Các phản ứng nhiều giai đoạn*

Trong phản ứng một giai đoạn, bậc phản ứng đối với từng chất đúng bằng hệ số tỉ lượng (số nguyên) trong phương trình hóa học.

Tuy nhiên, đôi với rất nhiều phản ứng, bậc phản ứng và do đó tốc độ phản ứng không phù hợp với hệ số tỉ lượng, tức không tuân theo biểu thức định luật tác dụng khối lượng. Nguyên nhân là do phản ứng tổng cộng bao gồm nhiều giai đoạn. Tốc độ phản ứng được quyết định bởi tốc độ của giai đoạn chậm nhất.

Ví dụ: Xét phản ứng:



Về hình thức đây là phản ứng bậc 2, nhưng thực nghiệm cho biết đây là phản ứng một chiều bậc nhất.

$$v = kC_{\text{N}_2\text{O}_5}$$

Điều này được giải thích như sau: Sự phân hủy  $\text{N}_2\text{O}_5$  xảy ra theo ba giai đoạn:



Mỗi giai đoạn trên còn được gọi là quá trình cơ sở. Tập hợp các giai đoạn xảy ra tạo thành cơ chế của phản ứng phân hủy  $\text{N}_2\text{O}_5$ . Trong cơ chế đó giai đoạn chậm nhất quyết định tốc độ quá trình. Giai đoạn (1) là chậm nhất nên tốc độ phản ứng  $v = kC_{\text{N}_2\text{O}_5}$  như thực nghiệm đã xác định chứ không phải  $v = kC_{\text{N}_2\text{O}_5}^2$ .

## 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phản ứng. Năng lượng hoạt động hóa

a) *Ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ phản ứng. Phương trình Arrêniuxơ*

- Khi tăng nhiệt độ, tốc độ phản ứng tăng. Điều này được giải thích như sau: Khi nhiệt độ phản ứng tăng dẫn đến hai hệ quả sau:

- Tốc độ chuyển động của các phân tử tăng, dẫn đến tần số va chạm giữa các phân tử chất phản ứng tăng.

- Tần số va chạm có hiệu quả giữa các phân tử chất phản ứng tăng nhanh. Đây là yếu tố chính làm cho tốc độ phản ứng tăng nhanh theo nhiệt độ.



- Quy tắc Van Hốp: Ở khoảng nhiệt độ gần nhiệt độ phòng, khi tăng nhiệt độ thêm  $10^0\text{C}$  thì tốc độ phản ứng tăng từ 2 đến 4 lần.

Kí hiệu  $\gamma$  (đọc là gama) được gọi là hệ số nhiệt độ của tốc độ phản ứng:

$$k' = k\gamma^{\frac{T_2 - T_1}{10}}$$

Trong đó:  $k$  là tốc độ phản ứng ở nhiệt độ  $T_1$

$k'$  là tốc độ phản ứng ở nhiệt độ  $T_2$

- Phương trình Arêniuxơ:

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}}$$

Lấy logarit hai vế ta được:

$$\lg k = \lg A - \frac{E_a}{2,303RT}$$

Trong đó:

$A$  là thừa số Arêniuxơ, được đặc trưng cho mỗi phản ứng.

$R$  là hằng số khí;  $R = 1,987 \text{ cal.mol}^{-1}.\text{độ}^{-1}$  hay  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{độ}^{-1}$ .

$e$  là cơ số logarit Nepe ( $e = 2,7183$ )

$T$  là nhiệt độ Kenvin.

$E_a$  là năng lượng hoạt động hóa.

**b) Năng lượng hoạt động hóa ( $E_a$ )**

Năng lượng dư so với năng lượng trung bình vốn có của tiểu phân tham gia phản ứng mà các tiểu phân này cần để cho phản ứng xảy ra được, gọi là năng lượng hoạt động hóa.

**Ví dụ 1:** Hòa tan  $10^{-2}$  mol NaOH và  $10^{-2}$  mol  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  vào 1 lít  $\text{H}_2\text{O}$  ở  $27^0\text{C}$ .

- Biết rằng phản ứng có bậc động học bằng 2 và 3/4 este đã bị phân hủy sau 2 giờ. Tính hằng số tốc độ và thời gian nửa phản ứng.
- Khi nhiệt độ tăng từ  $27^0\text{C}$  lên  $127^0\text{C}$ , thì tốc độ phản ứng tăng lên gấp 4 lần. Tính thời gian nửa phản ứng tại  $127^0\text{C}$  và năng lượng hoạt động hóa của phản ứng.

**Giải**

- Đối với phản ứng bậc 2 có nồng độ ban đầu của các chất bằng nhau, ta có:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \frac{x}{a(a-x)}$$

Với  $a = 10^{-2} \text{ M}$  và  $x = 0,75 \cdot 10^{-2} \text{ M}$  thì

$$k = \frac{1}{2,60} \cdot \frac{0,75}{10^{-2} \cdot 0,25} = 2,5 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{l} \cdot \text{phút}^{-1}$$

Thời gian nửa phản ứng:  $t_{1/2} = \frac{1}{ka} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-2}} = 40 \text{ phút}$

- Thời gian nửa phản ứng tại  $127^0\text{C}$ :

$$t_{1/2} = \frac{1}{4,2 \cdot 10^{-2}} = 10 \text{ phút}$$

Năng lượng hoạt động hóa:

$$\lg \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \frac{E_a}{2,303R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

$$\Rightarrow E_a = \frac{2,303RT_1T_2}{T_2 - T_1} \cdot \lg \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \frac{2,303 \cdot 8,314 \cdot 300 \cdot 400}{100} \cdot \lg 4 = 13,833 \text{ kJ}$$

**Ví dụ 2:** Trong một phản ứng bậc nhất tiến hành ở 27°C, nồng độ chất phản ứng giảm xuống một nửa sau 5000s. Ở 37°C nồng độ giảm đi hai lần sau 1000s. Tính:

- Hằng số tốc độ phản ứng ở 27°C.
- Thời gian để nồng độ giảm xuống còn 1/4 ở 37°C.
- Năng lượng hoạt động hóa của phản ứng.

**Giải**

- a) Phản ứng bậc nhất nên:

$$k_{(27^\circ\text{C})} = \frac{2,303 \lg 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{5000} = 1,39 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

- b)

$$k_{(37^\circ\text{C})} = \frac{2,303 \lg 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{1000} = 6,93 \cdot 10^{-4} \text{ s}^{-1}$$

$$t_{1/4} = \frac{2,303 \lg 4}{k_{(37^\circ\text{C})}} = 2000 \text{ s}$$

$$\text{c) } \lg \frac{k_{(37^\circ\text{C})}}{k_{(27^\circ\text{C})}} = \frac{E_a}{2,303 \cdot 8,314} \left( \frac{1}{300} - \frac{1}{310} \right) \Rightarrow E_a = 124 \text{ kJ}$$

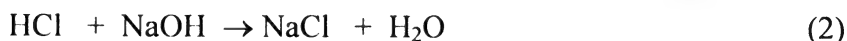
**Ví dụ 3:** Khảo sát bằng thực nghiệm ở 25°C phản ứng thủy phân metyl axetat với sự có mặt của HCl dư, nồng độ 0,05M. Thể tích dung dịch NaOH có nồng độ cố định dùng để trung hòa 20 ml hỗn hợp phản ứng theo thời gian như sau:

t (phút)	0	21	75	119	∞
V dung dịch NaOH (ml)	19,52	20,64	23,44	25,36	37,76

- Viết phương trình hóa học của các phản ứng xảy ra.
- Chứng minh phản ứng thủy phân metyl axetat là phản ứng bậc 1. Tính hằng số tốc độ và thời gian nửa phản ứng.

**Giải**

- a) Phương trình hóa học:



b) HCl chỉ đóng vai trò xúc tác cho phản ứng (1), nên khi chuẩn độ mẫu trích từ hỗn hợp phản ứng, thì thể tích dung dịch NaOH cần dùng tại thời điểm t một phần là để chuẩn độ HCl, một phần là để chuẩn độ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  sinh ra.

$$\Rightarrow V(t) = V(\text{phản ứng với HCl}) + V(\text{phản ứng với CH}_3\text{COOH})$$

Trong đó:  $V(\text{phản ứng với HCl}) = \text{const}$

Theo phương trình chuẩn độ, ta luôn có:

$$V(\text{phản ứng với CH}_3\text{COOH}) \approx C_{\text{CH}_3\text{COOH}}$$

$$\Rightarrow V(\infty) - V(t) = V(\text{phản ứng với CH}_3\text{COOH ở } \infty) - V(\text{phản ứng với CH}_3\text{COOH ở } t)$$

$$\Rightarrow V(\infty) - V(t) \approx C_{\text{CH}_3\text{COOH ở } \infty} - C_{\text{CH}_3\text{COOH ở } t}$$

$$\text{Ta có: } C_{\text{CH}_3\text{COOH ở } \infty} = C_{\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ ở } t=0} \Rightarrow C_{\text{CH}_3\text{COOH ở } \infty} - C_{\text{CH}_3\text{COOH ở } t} = C_{\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ ở } t}$$

$$\text{Do đó: } V(\infty) - V(t) \approx C_{\text{CH}_3\text{COOCH}_3 \text{ ở } t}$$

Từ đó suy ra, nếu phản ứng đã cho là bậc 1, ta có mối liên hệ:

$$\ln[V(\infty) - V(t)] = -kt + \ln[V(\infty) - V(0)]$$

Ta có bảng sau:

Thời gian (ph)	V (t)	$V(\infty) - V(t)$	$\ln[V(\infty) - V(t)]$
0	19,52	18,24	1,903
21	20,64	17,12	2,840
75	23,44	14,32	2,662
119	25,36	12,4	2,518
$\infty$	37,76		

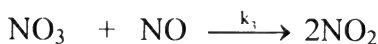
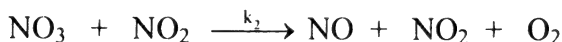
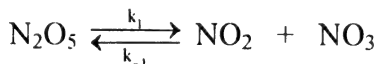
Từ đồ thị của  $\ln(V_\infty - V_t)$  phụ thuộc t phải là đường thẳng với độ dốc chứng tỏ phản ứng là bậc nhất.

Từ đồ thị trên, hằng số tốc độ phản ứng là:  $3,26 \cdot 10^{-3} \pm 0,03 \cdot 10^{-3} \text{ phút}^{-1}$

Do đó thời gian bán phản ứng là:  $t_{1/2} = \ln \frac{2}{k} = 212 \pm 2 \text{ phút}$

## B. BÀI TẬP

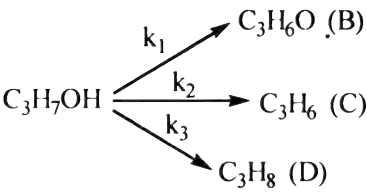
1. Phản ứng phân hủy  $\text{N}_2\text{O}_5$  thành  $\text{NO}_2$  và  $\text{O}_2$  là phản ứng bậc nhất. Có thể chấp nhận cơ chế phản ứng sau đây không? Giải thích?



2. Ở  $590^\circ\text{C}$  khi có mặt  $\text{V}_2\text{O}_5$  xúc tác, ancol isopropylic bị phân hủy theo phương trình động học bậc nhất:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C}$$

trong đó k là hằng số tốc độ, t là thời gian, C<sub>0</sub> và C lần lượt là nồng độ ban đầu và nồng độ ở thời điểm t của chất phản ứng.



Sau 5 giây đầu tiên, nồng độ các chất trong hỗn hợp phản ứng là C<sub>A</sub> = 28,2 mmol/l; C<sub>B</sub> = 7,8 mmol/l; C<sub>C</sub> = 8,3 mmol/l; C<sub>D</sub> = 1,8 mmol/l.

- a) Tính nồng độ ban đầu của A.
- b) Tính hằng số tốc độ k của quá trình phân hủy C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH.
- c) Tính thời điểm để 1/2 lượng chất A tham gia phản ứng.
- d) Tính hằng số tốc độ k<sub>1</sub>, k<sub>2</sub>, k<sub>3</sub>.

3. Cho phản ứng: 2N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> → 4NO<sub>2</sub> + O<sub>2</sub> ở T<sup>0</sup>K với các kết quả thực nghiệm:

	Thí nghiệm 1	Thí nghiệm 2	Thí nghiệm 3
Nồng độ N <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mol.l <sup>-1</sup> )	0,170	0,340	0,680
Tốc độ phân hủy (mol.l <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> )	1,39.10 <sup>-3</sup>	2,78.10 <sup>-3</sup>	5,55.10 <sup>-3</sup>

- a) Hãy viết biểu thức tốc độ phản ứng và xác định bậc phản ứng.
- b) Biết năng lượng hoạt hóa của phản ứng là 24,74 Kcal.mol<sup>-1</sup> và ở 25<sup>0</sup>C nồng độ N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> giảm đi một nửa sau 341,4 giây. Hãy tính nhiệt độ T.

4. Cho phản ứng: A + B → sản phẩm  
Thực nghiệm cho biết ở 25<sup>0</sup>C, người ta thu được kết quả như sau:

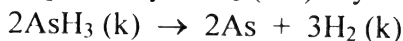
Thí nghiệm	Nồng độ ban đầu (mol <sup>-1</sup> .l <sup>-1</sup> )		Tốc độ (mol.phút <sup>-1</sup> .s <sup>-1</sup> )
	A	B	
1	0,25	0,25	1,25.10 <sup>-2</sup>
2	1,0	1,0	20.10 <sup>-2</sup>
3	0,25	0,5	2,5.10 <sup>-2</sup>

- a) Tính hằng số tốc độ k của phản ứng trên và viết biểu thức tốc độ phản ứng. Cho biết bậc của phản ứng?
- b) Ở nhiệt độ 35<sup>0</sup>C phản ứng trên có hằng số tốc độ k' = 40.10<sup>-2</sup> (l.phút<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup>). Hãy tính năng lượng hoạt hóa của phản ứng? Cho biết hằng số khí R = 8,314 J.K<sup>-1</sup>.mol<sup>-1</sup>.

5. Kết quả khảo sát động học của phản ứng: A + B → C + D như sau:

Thí nghiệm	C <sub>A</sub> (mol/l)	C <sub>B</sub> (mol/l)	Vận tốc (mol/l.phút)
Thí nghiệm 1	0,5	0,5	5.10 <sup>-2</sup>
Thí nghiệm 2	1,0	1,0	20.10 <sup>-2</sup>
Thí nghiệm 3	0,5	1,0	20.10 <sup>-2</sup>

- a) Xác định bậc phản ứng và tính hằng số tốc độ của phản ứng.  
 b) Tính tốc độ của phản ứng khi  $C_A = C_B = 0,2 \text{ mol/l}$ .  
 c) Tính thời gian cần thiết để phân nửa lượng chất (lấy ở câu b) phản ứng.  
 6. Ở  $310^\circ\text{C}$  sự phân hủy  $\text{AsH}_3$  (khí) xảy ra theo phản ứng:



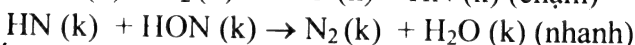
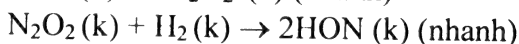
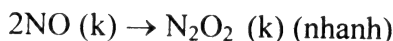
được theo dõi bằng sự biến thiên áp suất theo thời gian:

t (giờ)	0	5,5	6,5	8
P (mmHg)	733,32	805,78	818,11	835,34

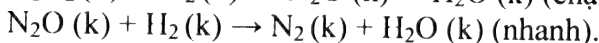
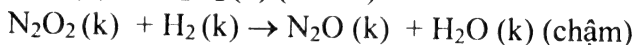
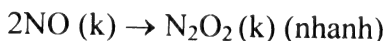
Hãy chứng minh phản ứng trên là phản ứng bậc 1 và tính hằng số tốc độ.

7. Phản ứng  $2\text{NO}(\text{k}) + 2\text{H}_2(\text{k}) \rightarrow \text{N}_2(\text{k}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{k})$  tuân theo quy luật động học thực nghiệm:  $v = [\text{NO}]^2[\text{H}_2]$ . Hai cơ chế được đề xuất cho phản ứng này:

Cơ chế 1:

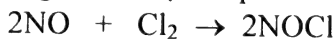


Cơ chế 2:



Cơ chế nào phù hợp với quy luật động học thực nghiệm? Tại sao?

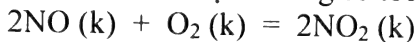
8. Xác định bậc và hằng số tốc độ của phản ứng trong pha khí ở  $300\text{K}$ :



Dựa vào các dữ kiện thực nghiệm sau đây:

Thí nghiệm	Nồng độ ban đầu mol/l		Tốc độ ban đầu mol/l.s
	[NO]	[Cl <sub>2</sub> ]	
1	0,010	0,010	$1,2 \cdot 10^{-4}$
2	0,010	0,020	$2,3 \cdot 10^{-4}$
3	0,020	0,020	$9,6 \cdot 10^{-4}$

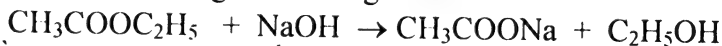
9. Xác định bậc, biểu thức tốc độ và hằng số tốc độ của phản ứng



theo những dữ kiện thực nghiệm sau :

[NO] (mol/l)	[O <sub>2</sub> ] (mol/l)	v (mol/l. s)
$1,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$
$1,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$8,4 \cdot 10^{-6}$
$2,0 \cdot 10^{-4}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$

10. Xét sự thủy phân este trong môi trường kiềm:



Khi tăng nồng độ NaOH tăng gấp đôi, thì tốc độ ban đầu cũng tăng lên hai lần.

Nhận xét này cũng được thấy khi tăng nồng độ của  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  hai lần.

a) Cho biết bậc của phản ứng và dạng phương trình động học.

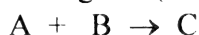
b) Hòa tan 0,01 mol NaOH và 0,01 mol  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  vào 1 lít  $\text{H}_2\text{O}$  (thể tích không thay đổi). Sau 200 phút thì lượng este còn lại bằng  $\frac{2}{5}$  lượng ban đầu.

Tính:

- Hằng số tốc độ.
- Thời gian bán hủy  $t_{1/2}$ .
- Thời gian để 99% este bị thủy phân.

11. Đối với phản ứng:  $2\text{NOCl} \rightarrow 2\text{NO} + \text{Cl}_2$  năng lượng hoạt hóa bằng 100 kJ/mol. Ở 350K hằng số tốc độ bằng  $8.10^{-6} \text{ mol}^{-1}.\text{l.s}^{-1}$ . Tính hằng số tốc độ ở 400K.

12. Cho phản ứng sau (ở  $25^\circ\text{C}$ ):



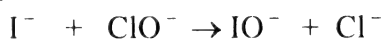
Thực nghiệm thu được các số liệu sau:

Thí nghiệm	Nồng độ ban đầu			Thời gian (phút)	Nồng độ cuối $\text{C}_\text{A}$ (M)
	$\text{C}_\text{A}$ (M)	$\text{C}_\text{B}$ (M)	$\text{C}_\text{C}$ (M)		
1	0,1	0,05	0,00	25	0,0967
2	0,1	0,1	0,00	15	0,0961
3	0,2	0,1	0,00	7,5	0,1923

a) Xác định bậc của phản ứng theo A, theo B và bậc của phản ứng tổng cộng.

b) Xác định giá trị trung bình của hằng số tốc độ.

13. Cho phản ứng (xảy ra ở  $25^\circ\text{C}$ ):

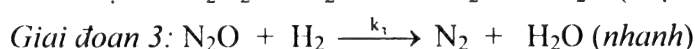
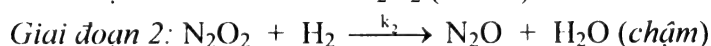


Bậc phản ứng trên là bậc 2, hằng số tốc độ của phản ứng là 0,0606 (mol/l.s).

Lúc đầu:  $[\text{I}^-] = [\text{ClO}^-] = 3,50.10^{-3}\text{M}$ . Xác định  $[\text{I}^-]$  và  $[\text{ClO}^-]$  sau 300 giây.

14. Cho phản ứng:  $2\text{H}_2 + 2\text{NO} \rightarrow \text{N}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

Phản ứng trên xảy ra theo cơ chế sau:



Xác định phương trình tốc độ phù hợp với cơ chế của phản ứng trên.

15. Cho phản ứng:  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

Kết quả thực nghiệm cho biết phản ứng trên có phương trình tốc độ là

$v = k[\text{NO}][\text{O}_2]$ . Hãy đề nghị cơ chế cho phản ứng trên.

16. Khảo sát bằng thực nghiệm ở  $25^\circ\text{C}$  phản ứng thủy phân methyl axetat với sự có mặt của HCl dư, nồng độ 0,05M. Thể tích dung dịch NaOH có nồng độ cố định dùng để trung hòa 25 ml hỗn hợp phản ứng theo thời gian như sau:

t (phút)	0	21	75	119	$\infty$
V dung dịch NaOH (ml)	24,4	25,8	29,3	31,7	47,2

a) Viết phương trình hóa học của các phản ứng xảy ra.

b) Chứng minh phản ứng thủy phân methyl axetat là phản ứng bậc 1. Tính hằng số tốc độ phản ứng.

17. a) Thực nghiệm cho biết: sau 0,75 giây thì 30ml KOH 1M trung hoà vừa hết 30ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,5M. Hãy xác định tốc độ của phản ứng đó theo lượng KOH: theo lượng  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Kết quả thu được ở mỗi trường hợp đó có hợp lí không? Tại sao?

b) Hãy đưa ra các biểu thức cần thiết để chứng minh vai trò của hệ số các chất trong phương trình phản ứng khi xác định tốc độ phản ứng. (dùng phương trình  $aA + bB \rightarrow dD + eE$  với giả thiết phương trình đó đủ đơn giản để dùng trong trường hợp này).

### C. HƯỚNG DẪN GIẢI

1. Phản ứng:  $2\text{N}_2\text{O}_5 \rightarrow 4\text{NO}_2 + \text{O}_2$

$$V_{\text{Phản ứng}} = \frac{d[\text{O}_2]}{dt} = k_2[\text{NO}_3][\text{NO}_2] \quad (1)$$

Đối với phân tử hoạt động như  $\text{NO}_3 \Rightarrow$  Nồng độ của nó có thể coi là rất nhỏ và ổn định  $\Rightarrow$  Tốc độ hình thành  $\text{NO}_3$  = tốc độ phân hủy  $\text{NO}_3$ .

$$k_1[\text{N}_2\text{O}_5] = k_{-1}[\text{NO}_2][\text{NO}_3] + k_2[\text{NO}_3][\text{NO}_2] + k_3[\text{NO}_3][\text{NO}] \quad (2)$$

Xuất hiện NO là phân tử hoạt động  $\Rightarrow$  Tốc độ hình thành NO = tốc độ phân hủy NO.

$$k_2[\text{NO}_3][\text{NO}_2] = k_3[\text{NO}_3][\text{NO}] \quad (3)$$

$$(3) \Rightarrow [\text{NO}] = \frac{k_2[\text{NO}_2]}{k_3}$$

$$\text{Kết hợp với (2) ta được: } [\text{NO}_3] = \frac{k_1[\text{N}_2\text{O}_5]}{k_{-1}[\text{NO}_2] + 2k_2[\text{NO}_2]} \quad (4)$$

$$\text{Thay (4) vào (1), ta rút ra: } V_{\text{Phản ứng}} = \frac{k_1 k_2 [\text{N}_2\text{O}_5]}{k_{-1} + 2k_2} = k[\text{N}_2\text{O}_5] \quad \text{với } k = \frac{k_1 k_2}{k_{-1} + 2k_2}$$

Vậy phản ứng phân hủy  $\text{N}_2\text{O}_5$  thành  $\text{NO}_2$  và  $\text{O}_2$  là phản ứng bậc nhất.

2. a) Ta có:  $C_0 = 28,2 + 7,8 + 8,3 + 1,8 = 46,1 \text{ mmol/l}$ .

$$\text{b) } k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C} = \frac{1}{5} \ln \frac{46,1}{28,2} = 0,0983 \text{ s}^{-1}$$

$$\text{c) } t_{1/2} = \frac{\ln 2}{k} = \frac{0,6932}{0,0983} = 7,052 \text{ s}$$

d) Ta có hệ phương trình:

$$\begin{cases} k_1 + k_2 + k_3 = 0,0983 \\ \frac{k_1}{k_2} = \frac{7,8}{8,3} \\ \frac{k_1}{k_3} = \frac{7,8}{1,8} \end{cases}$$

Giải hệ trên ta được:

$$k_1 = 0,0427; k_2 = 0,0454; k_3 = 9,855 \cdot 10^{-3}.$$

3. a) Dựa vào kết quả thực nghiệm, khi tăng nồng độ lên hai lần thì tốc độ phản ứng cũng tăng 2 lần  $\Rightarrow$  phản ứng thuộc loại bậc nhất. Biểu thức tốc độ phản ứng:  $v = k[N_2O_5]$ .

b) Hằng số tốc độ phản ứng ở thời điểm T là

$$k = \frac{1,39 \cdot 10^{-3}}{0,170} = 8,17 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Ở } 25^\circ\text{C} \text{ hằng số tốc độ phản ứng} = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{0,693}{341,4} = 2,03 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$$

Áp dụng công thức:

$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow \ln \frac{8,17 \cdot 10^{-3}}{2,03 \cdot 10^{-3}} = \frac{24740}{8,314} \left( \frac{1}{298} - \frac{1}{T} \right)$$

$$\Rightarrow T = 346,288 \text{ K}$$

4. a) Biểu thức tốc độ phản ứng:  $v = kC_A^x C_B^y$

$$\text{Thí nghiệm 2: } 20 \cdot 10^{-2} = k(1,0)^x (1,0)^y \Rightarrow k = 20 \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

$$\text{Thí nghiệm 1: } 1,25 \cdot 10^{-2} = 20 \cdot 10^{-2} \cdot (0,25)^{x+y}$$

$$\Rightarrow x + y = 2 \quad (2)$$

$$\text{Thí nghiệm 3: } 2,5 \cdot 10^{-2} = 20 \cdot 10^{-2} \cdot (0,5)^{2x+y} \Rightarrow 2x + y = 3$$

$$(2)(3) \Rightarrow x = y = 1$$

Biểu thức động học của phản ứng:  $v = 20 \cdot 10^{-2} \cdot [A] \cdot [B]$ . Bậc của phản ứng là bậc 2.

b) Năng lượng hoạt hóa của phản ứng  $E_a$

$$\ln \frac{k'}{k} = \frac{E_a}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow E_a = \frac{298 \cdot 308 \cdot 8,314 \ln \frac{40 \cdot 10^{-2}}{20 \cdot 10^{-2}}}{308 - 298} = 52,893 \text{ (kJ/mol}^{-1}\text{)}$$

5. a) Bậc phản ứng và hằng số tốc độ:  $A + B \rightarrow C + D$

$$v = kC_A^x C_B^y$$

$$v_1 = k(0,5)^x (0,5)^y = 5 \cdot 10^{-2} \quad (1)$$

$$v_2 = k(1,0)^x (1,0)^y = 20 \cdot 10^{-2} \quad (2)$$

$$v_3 = k(0,5)^x (1,0)^y = 20 \cdot 10^{-2} \quad (3)$$

$$(2)(3) \Rightarrow \frac{v_2}{v_3} = \frac{k(1,0)^x (1,0)^y}{k(0,5)^x (1,0)^y} = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{20 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow 2^x = 1 \Rightarrow x = 0$$

$$(1)(3) \Rightarrow \frac{v_3}{v_1} = \frac{k(0,5)^x (1,0)^y}{k(0,5)^x (0,5)^y} = \frac{20 \cdot 10^{-2}}{5 \cdot 10^{-2}} \Rightarrow 2^y = 4 \Rightarrow y = 2$$

$$v = kC_A^x C_B^y \Rightarrow v = kC_B^2 \Rightarrow \text{Đây là phản ứng bậc 2}$$

$$\text{Thay } x, y \text{ vào (1): } v_1 = k(0,5)^0 (0,5)^2 = 5 \cdot 10^{-2} \Rightarrow k = 0,2 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{l} \cdot \text{phút}^{-1}$$



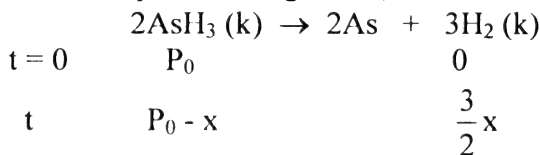
b) Tốc độ phản ứng:

$$v = kC_B^2 = 0,2(0,2)^2 = 8.10^{-3} \text{ mol/l.phút}$$

c) Vì đây là phản ứng bậc 2 nên:

$$t_{1/2} = \frac{1}{kC_B} = \frac{1}{0,2.0,2} = 25 \text{ phút}$$

6. Gọi  $P_0$  là áp suất ban đầu của  $AsH_3$ ,  $P_0 - x$  là áp suất riêng phần của  $AsH_3$  ở thời điểm  $t$ ,  $P$  là áp suất chung của hệ ở thời điểm  $t$ . Ta có:



$$\text{Suy ra: } P = P_0 - x + \frac{3}{2}x = P_0 + 0,5x \Rightarrow x = 2(P - P_0)$$

$$\Rightarrow P_0 - x = 3P_0 - 2P$$

Giả sử phản ứng trên là phản ứng bậc 1  $\Rightarrow$  Biểu thức tốc độ phản ứng có dạng:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{P_0}{P_0 - x} = \frac{1}{t} \ln \frac{P_0}{3P_0 - 2P}$$

$$\text{Với } t = 5,5 \text{ giờ} \Rightarrow k_1 = \frac{1}{5,5} \ln \frac{733,32}{3.733,32 - 2.805,78} = 0,04 \text{ giờ}^{-1}$$

$$\text{Với } t = 6,5 \text{ giờ} \Rightarrow k_2 = \frac{1}{6,5} \ln \frac{733,32}{3.733,32 - 2.818,11} = 0,04045 \text{ giờ}^{-1}$$

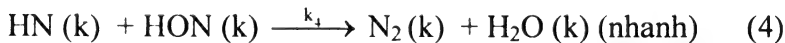
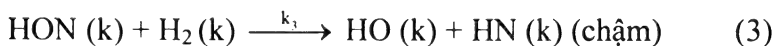
$$\text{Với } t = 8 \text{ giờ} \Rightarrow k_3 = \frac{1}{8} \ln \frac{733,32}{3.733,32 - 2.835,34} = 0,04076 \text{ giờ}^{-1}$$

Vì  $k_1 \approx k_2 \approx k_3$  nên đây là phản ứng bậc 1.

$$\text{Hằng số tốc độ: } k = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} = 0,0404 \text{ giờ}^{-1}$$

7. Phản ứng  $2NO(k) + 2H_2(k) \rightarrow N_2(k) + 2H_2O(k)$  tuân theo quy luật động học thực nghiệm:  $v = [NO]^2[H_2]$ .

Cơ chế 1:



Chấp nhận gần đúng rằng giai đoạn quyết định tốc độ phản ứng là giai đoạn chậm nhất.

Trong cơ chế đã cho, giai đoạn 3 chậm, quyết định tốc độ phản ứng, nên:

$$v = k_3[HON][H_2] \quad (5)$$

Khi nồng độ các sản phẩm trung gian đạt trạng thái dừng:

$$\frac{d[N_2O_2]}{dt} = \frac{1}{2} k_1 [NO]^2 - k_2 [H_2][N_2O_2] = 0 \quad (6)$$

$$\Rightarrow [N_2O_2] = \frac{k_1 [NO]^2}{2k_2 [H_2]} \quad (7)$$

$$\frac{d[HON]}{dt} = 2k_2 [H_2][N_2O_2] - k_3 [HON][H_2] - k_4 [HON][HN] = 0 \quad (8)$$

$$\frac{d[HN]}{dt} = k_3 [HON][H_2] - k_4 [HON][HN] = 0 \quad (9)$$

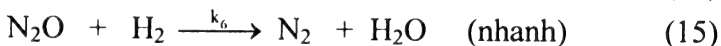
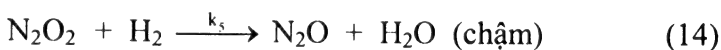
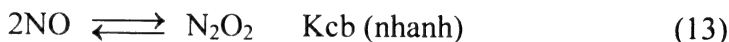
Lấy (8) trừ (9) và biến đổi đơn giản ta có:  $[HON] = \frac{k_2 [N_2O_2]}{k_3}$  (10)

Thay (7) vào (10) ta rút ra:  $[HON] = \frac{k_1 [NO]^2}{2k_3 [H_2]}$  (11)

Thay (11) vào (5) thu được:  $v = \frac{k_1 [NO]^2}{2} = \frac{1}{2} k_1 [NO]^2$  (12)

Kết quả này không phù hợp với định luật tốc độ thực nghiệm. Cơ chế 1 không có khả năng.

Cơ chế 2:



Tốc độ phản ứng được quyết định bởi (14), nên:  $v = k_5 [N_2O_2] \cdot [H_2]$  (16)

Dựa vào cân bằng  $2NO \rightleftharpoons N_2O_2$ , rút ra:  $[N_2O_2] = K_{cb} \cdot [NO]^2$  (18)

Thay (16) vào (15) thu được:  $v = K_{cb} \cdot k_5 [NO]^2 \cdot [H_2] = k [NO]^2 \cdot [H_2]$ .

**Kết luận:** Cơ chế 2 cho phép rút ra biểu thức của định luật tốc độ thực nghiệm. Cơ chế này là có khả năng.

8. Một cách tổng quát tốc độ phản ứng được viết:  $v = k[NO]^x [Cl_2]^y$  với x và y là các bậc riêng phần đối với NO và  $Cl_2$  phải xác định. Từ kết quả thực nghiệm ta thấy khi nồng độ NO không đổi, tốc độ phản ứng tăng gấp đôi và nồng độ  $Cl_2$  tăng gấp đôi. Vậy tốc độ tỉ lệ với  $[Cl_2]$  là  $y = 1$ . Mặt khác khi nồng độ  $Cl_2$  được giữ không đổi và  $[NO]$  tăng gấp đôi (thí nghiệm 2 và 3) thì tốc độ tăng lên gấp 4 lần như thế tốc độ tỉ lệ với  $[NO]^2$  và  $x = 2$ . Tóm lại:

$$v = [NO]^2 [Cl_2]$$

Bậc toàn phần là 3 và hằng số tốc độ:

$$k = \frac{v}{[NO]^2 [Cl_2]} = \frac{1,2 \cdot 10^{-4}}{(0,010)^2 \cdot (0,010)} = 1,2 \cdot 10^2 \text{ mol}^{-2} \cdot \text{l}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

9. Biểu thức tốc độ phản ứng tổng quát của phản ứng đã cho có dạng :

$$v = k[\text{NO}]^x [\text{O}_2]^y$$

Xác định bậc phản ứng :

Trước hết xác định bậc phản ứng theo các chất phản ứng dựa trên nguyên tắc xét sự biến đổi nồng độ của chất khảo sát trong sự cố định nồng độ của các chất còn lại.

\*Theo  $\text{O}_2$  : Ta có: 
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{k[\text{NO}]_2^x [\text{O}_2]_2^y}{k[\text{NO}]_1^x [\text{O}_2]_1^y} = \frac{k(1,0 \cdot 10^{-4})^x (3,0 \cdot 10^{-4})^y}{k(1,0 \cdot 10^{-4})^x (1,0 \cdot 10^{-4})^y} = \left( \frac{3,0 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-4}} \right)^y$$

Thay các giá trị tương ứng của v ta được :

$$\frac{8,4 \cdot 10^{-6}}{2,8 \cdot 10^{-6}} = \left( \frac{3,0 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-4}} \right)^y \Rightarrow 3 = 3^y \Rightarrow y = 1$$

\*Theo NO : Tương tự như trên ta có :

$$\frac{v_3}{v_2} = \frac{k[\text{NO}]_3^x [\text{O}_2]_3^y}{k[\text{NO}]_2^x [\text{O}_2]_2^y} = \frac{k(2,0 \cdot 10^{-4})^x (3,0 \cdot 10^{-4})^y}{k(1,0 \cdot 10^{-4})^x (3,0 \cdot 10^{-4})^y} = \left( \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-4}} \right)^x$$

Thay các giá trị tương ứng của v ta được :

$$\frac{3,4 \cdot 10^{-5}}{8,4 \cdot 10^{-6}} = \left( \frac{2,0 \cdot 10^{-4}}{1,0 \cdot 10^{-4}} \right)^x \Rightarrow 4 = 2^2 \Rightarrow x = 2$$

Vậy bậc của phản ứng theo NO là 2, nhưng theo  $\text{O}_2$  là 1 và bậc tổng cộng của phản ứng là 3.

Từ đây ta có biểu thức tốc độ phản ứng :  $v = k[\text{NO}]^2 [\text{O}_2]$ .

Tính hằng số tốc độ phản ứng ; Ta có :

$$2,8 \cdot 10^{-6} \text{ mol/l.s} = k(1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l})^2 (1,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l})$$

$$\Rightarrow k = 2,8 \cdot 10^6 \text{ l}^2 / \text{mol}^2 \cdot \text{s}$$

10.

a) Theo đề ra  $\Rightarrow$  Bậc riêng phần đối với NaOH và  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  là 1  $\Rightarrow$  Bậc toàn phần của phản ứng bằng 2.

$$v = k[\text{NaOH}][\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5]$$

b) Do nồng độ ban đầu của hai chất đều bằng 0,01M nên phương trình động học cho phản ứng trên là

$$v = -\frac{d(a-x)}{dt} = k(a-x)^2$$

Lấy tích phân hai vế ta được:

$$kt = \frac{1}{a-x} - \frac{1}{a} \Rightarrow k = \frac{1}{t} \left( \frac{1}{a-x} - \frac{1}{a} \right) = \frac{1}{200} \left( \frac{1}{0,4 \cdot 10^{-2}} - \frac{1}{10^{-2}} \right) = 0,75 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{l} \cdot \text{phút}^{-1}$$

- Thời gian bán hủy:

$$t_{1/2} = \frac{1}{ka} = \frac{1}{0,75 \cdot 0,01} = 133,33 \text{ phút}$$

- Thời gian để 99% este bị thủy phân:

$$t = \frac{1}{k} \left( \frac{1}{0,01a} - \frac{1}{a} \right) = \frac{1}{0,75} \left( \frac{1}{0,01 \cdot 0,01} - \frac{1}{0,01} \right) = 13200 \text{ phút}$$

11. Từ công thức:

$$\lg \frac{k_{T_2}}{k_{T_1}} = \frac{E}{2,303R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow \lg \frac{k_{400}}{8 \cdot 10^{-6}} = \frac{10^5}{2,303 \cdot 8,314} \left( \frac{1}{350} - \frac{1}{400} \right)$$

$$\Rightarrow k_{400} = 5,9 \cdot 10^{-4} \text{ mol}^{-1} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$$

12.

a) Ta có:

$$v = -\frac{dC_A}{dt} \approx -\frac{\Delta C_A}{\Delta t}$$

Suy ra:

$$v_1 = \frac{0,1 - 0,0967}{25} = 1,32 \cdot 10^{-4} \text{ (mol/phút)}$$

$$v_2 = \frac{0,1 - 0,0961}{15} = 2,6 \cdot 10^{-4} \text{ (mol/phút)}$$

$$v_3 = \frac{0,2 - 0,1923}{7,5} = 1,026 \cdot 10^{-3} \text{ (mol/phút)}$$

Mặt khác:  $v_{\text{phản ứng}} = k C_A^x C_B^y$

$$\Rightarrow \frac{v_2}{v_1} \approx 2 = \left( \frac{0,1}{0,05} \right)^y = 2^y \Rightarrow y = 1$$

$$\Rightarrow \frac{v_3}{v_2} \approx 4 = \left( \frac{0,2}{0,1} \right)^x = 2^x \Rightarrow x = 2$$

Vậy phản ứng bậc 2 theo A và bậc 1 theo B.

Bậc tổng cộng của phản ứng là  $2 + 1 = 3$ .

b) Ta có:

$$v = k C_A^2 C_B$$

$$\text{Suy ra: } v_1 = k_1 (0,1)^2 \cdot 0,05 = 1,32 \cdot 10^{-4} \Rightarrow k_1 = 0,264 \text{ (l}^2 \text{mol}^{-2} \text{phút}^{-1})$$

$$v_2 = k_2 (0,1)^2 \cdot 0,1 = 2,6 \cdot 10^{-4} \Rightarrow k_2 = 0,26 \text{ (l}^2 \text{mol}^{-2} \text{phút}^{-1})$$

$$v_3 = k_3 (0,2)^2 \cdot 0,1 = 1,026 \cdot 10^{-3} \Rightarrow k_3 = 0,2565 \text{ (l}^2 \text{mol}^{-2} \text{phút}^{-1})$$

Vậy:

$$\bar{k} = \frac{k_1 + k_2 + k_3}{3} = \frac{0,264 + 0,26 + 0,2565}{3} = 0,26 \text{ (l}^2 \text{mol}^{-2} \text{phút}^{-1})$$

13. Vì phản ứng bậc 2 và nồng độ ban đầu của các chất như nhau nên:

$$\frac{1}{[\text{ClO}^-]} - \frac{1}{[\text{ClO}^-]_0} = \frac{1}{[\text{I}^-]} - \frac{1}{[\text{I}^-]_0} = kt$$

$$\Rightarrow \frac{1}{[\text{ClO}^-]} = \frac{1}{[\text{I}^-]} = kt + \frac{1}{[\text{I}]_0} = 0,0606.300 + \frac{1}{3,5.10^{-3}} = 303,894 \text{ (l.mol}^{-1}\text{)}$$

$$\Rightarrow [\text{ClO}^-] = [\text{I}^-] = 3,29.10^{-3} \text{ mol/l}$$

14. Vì giai đoạn 2 xảy ra chậm nên  $v = k_2[\text{N}_2\text{O}_2][\text{H}_2]$  (\*)

Từ giai đoạn 1 ta có:

$$k_1 = \frac{[\text{N}_2\text{O}_2]}{[\text{NO}]^2} \Rightarrow [\text{N}_2\text{O}_2] = k_1[\text{NO}]^2 \quad (**)$$

Thay (\*\*) vào (\*) ta được:

$$v = k_2 k_1 [\text{NO}]^2 [\text{H}_2] = k [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]$$

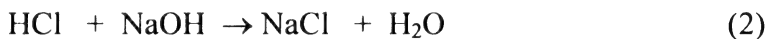
15. Cơ chế đề nghị cho phản ứng:  $2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$

Phù hợp với phương trình tốc độ xác định từ thực nghiệm  $v = k[\text{NO}][\text{O}_2]$  như sau:

Giai đoạn 1:  $\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_3$  (chậm)

Giai đoạn 2:  $\text{NO}_3 + \text{NO} \rightarrow \text{NO}_2$  (nhanh)

16. a) Phương trình hóa học:



b) Phương trình động học của phản ứng được viết:

$$v = k'[\text{HCl}][\text{CH}_3\text{COOCH}_3]$$

Do lượng axit được lấy dư nên phương trình trên được viết lại là

$$v = k[\text{CH}_3\text{COOCH}_3]$$

với  $k = k'[\text{HCl}]$

Thể tích V của NaOH tiêu thụ là độ đo nồng độ HCl và CH<sub>3</sub>COOH hình thành trong quá trình phản ứng. Nếu gọi V<sub>∞</sub> là thể tích ứng với lúc kết thúc phản ứng thì V<sub>∞</sub> - V<sub>0</sub> sẽ tỉ lệ với nồng độ đầu của este. Cũng tương tự nếu V<sub>t</sub> là thể tích ứng với từng thời điểm t thì (V<sub>∞</sub> - V<sub>t</sub>) sẽ tỉ lệ với nồng độ este tại thời điểm t. Phương trình hằng số của phản ứng bậc nhất có dạng:

$$kt = 2,303 \lg \frac{V_\infty - V_0}{V_\infty - V_t}$$

Hay:

$$kt = 2,303 \lg(V_\infty - V_0) - 2,303 \lg(V_\infty - V_t)$$

Nếu phản ứng là bậc nhất thì đồ thị của lg(V<sub>∞</sub> - V<sub>t</sub>) phụ thuộc t phải là đường thẳng với độ dốc là - 2,303k.

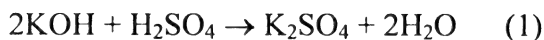
t	0	21	75	119	∞
V <sub>t</sub>	24,4	25,8	29,3	31,7	47,2
V <sub>∞</sub> - V <sub>0</sub>	22,8	21,4	17,9	15,5	-
lg(V <sub>∞</sub> - V <sub>0</sub> )	1,358	1,33	1,253	1,19	-

Đồ thị là đường thẳng chứng tỏ phản ứng là bậc nhất. Từ đồ thị xác định được độ dốc của đường thẳng là  $-1,46 \cdot 10^{-3}$  suy ra:

$$k = 2,303 \cdot 1,46 \cdot 10^{-3} = 3,36 \cdot 10^{-3} \text{ ph}^{-1}.$$

17.

a)  $n_{\text{KOH}} = 0,03 \text{ (mol)}$  và  $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,015 \text{ (mol)}$  hợp với tỉ số theo phương trình phản ứng :



Tốc độ trung bình của phản ứng (1):

$$\text{Theo KOH} = - \frac{\Delta n}{\Delta t} = - \frac{-0,03}{0,75} = 0,04 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\text{Theo H}_2\text{SO}_4 = - \frac{\Delta n}{\Delta t} = - \frac{-0,015}{0,75} = 0,02 \text{ mol.s}^{-1}$$

Kết quả này hoàn toàn đúng, mặc dù không trùng nhau, do hệ số 2 chất trong (1) khác nhau. Ở đây, biến thiên  $\Delta n$  (số mol) thay cho  $\Delta c$  (nồng độ).

b) Từ phương trình phản ứng  $aA + bB \rightarrow dD + eE$  (2)

Nếu (2) đủ đơn giản thì biểu thức tính tốc độ là  $V = k C_A^a \cdot C_B^b$  (3)

$\Rightarrow$  Các hệ số  $a, b$  có vai trò trong (3).

- Với ví dụ ở phản ứng (1) kết quả tính chưa đơn giản cho 1 phản ứng, để tránh kết quả đó, ta cần dùng hệ số các chất như sau

$$\bar{V} = -\frac{1}{a} \cdot \frac{\Delta C_A}{\Delta t} = -\frac{1}{b} \cdot \frac{\Delta C_B}{\Delta t} = \frac{1}{d} \cdot \frac{\Delta C_D}{\Delta t} = \frac{1}{e} \cdot \frac{\Delta C_E}{\Delta t} \quad (4)$$

Khi thay  $\Delta n$  cho  $\Delta C$  ta có:

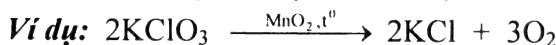
$$\text{Theo KOH} : \bar{V} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta n_{\text{KOH}}}{\Delta t} = +\frac{1}{2} \cdot \frac{0,03}{0,75} = 0,02 \text{ mol.s}^{-1}$$

$$\text{Theo H}_2\text{SO}_4 : \bar{V} = -\frac{\Delta n_{\text{H}_2\text{SO}_4}}{\Delta t} = \frac{0,015}{0,75} = 0,02 \text{ mol.s}^{-1}$$

**A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO**

**I. PHẢN ỨNG MỘT CHIỀU (BẤT THUẬN NGHỊCH)**

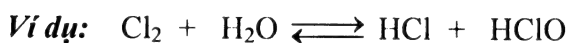
Là phản ứng chỉ xảy ra theo một chiều từ trái sang phải.



Trong cùng điều kiện trên, KCl và  $\text{O}_2$  không thể phản ứng được với nhau tái tạo lại  $\text{KClO}_3$ .

**II. PHẢN ỨNG THUẬN NGHỊCH**

Là phản ứng xảy ra theo hai chiều ngược nhau (được biểu diễn bằng hai mũi tên ngược nhau  $\rightleftharpoons$ ).

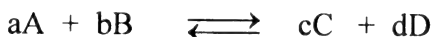


Ở điều kiện thường  $\text{Cl}_2$  phản ứng với  $\text{H}_2\text{O}$  tạo thành HCl và HClO, đồng thời HCl và HClO sinh ra cũng phản ứng với nhau tạo lại  $\text{Cl}_2$  và  $\text{H}_2\text{O}$ .

**III. CÂN BẰNG HÓA HỌC**

Là trạng thái của phản ứng thuận nghịch khi tốc độ của phản ứng thuận bằng tốc độ của phản ứng nghịch.

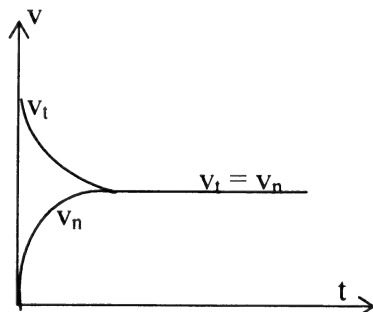
Xét phản ứng thuận nghịch:



Tốc độ của phản ứng thuận:  $V_t = k_t[\text{A}]^a[\text{B}]^b$

Tốc độ của phản ứng nghịch:  $V_n = k_n[\text{C}]^c[\text{D}]^d$

Ban đầu tốc độ của phản ứng thuận giảm dần theo thời gian vì  $[\text{A}]$ ,  $[\text{B}]$  giảm, đồng thời  $V_n$  tăng dần vì  $[\text{C}]$ ,  $[\text{D}]$  tăng. Tới một lúc nào đó:  $V_t = V_n$  ta có cân bằng hóa học.



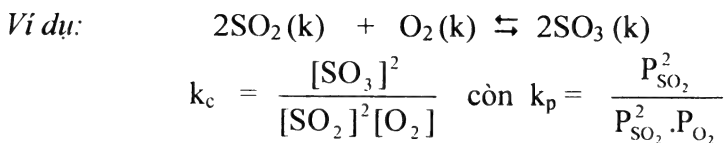
Hằng số cân bằng:  $V_t = V_n \Rightarrow k_t[\text{A}]^a[\text{B}]^b = k_n[\text{C}]^c[\text{D}]^d \Rightarrow K_c = \frac{k_t}{k_n} = \frac{[\text{C}]^c[\text{D}]^d}{[\text{A}]^a[\text{B}]^b}$

Vì  $k_t$ ,  $k_n$  không đổi (ở nhiệt độ không đổi) nên  $K_c$  không đổi và được gọi là hằng số cân bằng (nồng độ). Điều đó có nghĩa là  $K_c$  không phụ thuộc vào nồng độ của các chất A, B, C, D.

Đối với chất khí, ngoài cách biểu diễn  $K_c$ , người ta còn biểu diễn hằng số cân bằng theo áp suất  $K_p$ .

$$K_p = \frac{P_C^c \cdot P_D^d}{P_A^a \cdot P_B^b}$$

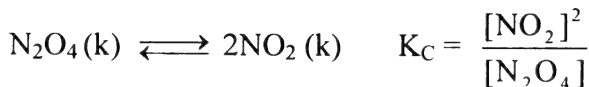
Trong đó:  $P_C$ ,  $P_D$ ,  $P_A$  và  $P_B$  là áp suất riêng phần của các chất khí C, D, A và B.



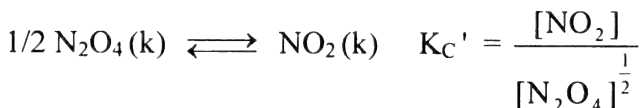
Lưu ý:

– Giá trị của hằng số cân bằng  $K$  phụ thuộc vào hệ số của phương trình cân bằng:

Ví dụ:



Nếu ta viết:



$\Rightarrow$  Ở cùng nhiệt độ  $K_C = (K_C')^2$ .

- Hằng số cân bằng của một phản ứng nhất định (đã cân bằng) chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ.
- Đối với các cân bằng dị thể rắn – lỏng, rắn – khí thì nồng độ các chất rắn coi như không đổi và không đưa vào hằng số cân bằng.

Ví dụ:  $\text{CaCO}_3(\text{r}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{r}) + \text{CO}_2(\text{k})$  Ở  $800^\circ\text{C}$ ,  $K_C = [\text{CO}_2] = 4.10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$

- Quan hệ giữa  $K_C$  và  $K_P$  đối với các chất khí:

Thay giá trị  $P_i = \frac{n_i RT}{V} = C_i RT$  vào biểu thức  $K_P$  ta có:

$$K_P = \frac{([\text{C}].RT)^c . ([\text{D}].RT)^d}{([\text{A}].RT)^a . ([\text{B}].RT)^b} = \frac{[\text{C}]^c . [\text{D}]^d}{[\text{A}]^a . [\text{B}]^b} (RT)^{[c+d-(a+b)]}$$

$\Rightarrow K_P = K_C (RT)^{\Delta n}$  với  $\Delta n$  là hiệu của tổng hệ số tỉ lượng của sản phẩm và tổng hệ số tỉ lượng của các chất phản ứng. Nếu  $\Delta n = 0$  thì  $K_P = K_C$ .

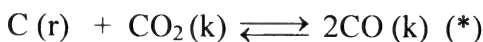
- **Cân bằng hoá học** là một cân bằng động, nghĩa là tại trạng thái cân bằng, các phản ứng thuận và nghịch vẫn xảy ra nhưng  $V_t = V_n$  nên không nhận thấy sự biến đổi trong hệ và nồng độ các chất không đổi.

#### IV. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN SỰ CHUYỂN DỊCH CÂN BẰNG HÓA HỌC

- Ảnh hưởng của nồng độ:** Khi tăng hoặc giảm nồng độ của một chất trong cân bằng, thì cân bằng bao giờ cũng chuyển dịch theo chiều làm giảm hoặc tăng nồng độ của chất đó.

**Chú ý:** Trong hệ cân bằng có chất rắn (ở dạng nguyên chất) thì việc tăng, hoặc giảm khối lượng của chất rắn không làm chuyển dịch cân bằng.

Ví dụ: Xét hệ cân bằng sau trong bình kín ở nhiệt độ không đổi

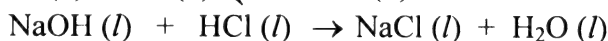
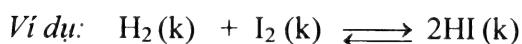




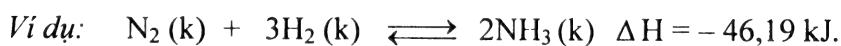
Khi phản ứng đang ở trạng thái cân bằng, nếu ta tăng nồng độ  $\text{CO}_2$  (hoặc giảm nồng độ  $\text{CO}$ ) thì cân bằng sẽ dịch chuyển theo chiều thuận. Nếu ta chỉ tăng hoặc giảm khối lượng  $\text{C}$  thì cân bằng không chuyển dịch.

- 2. Ảnh hưởng của áp suất:** Khi tăng hoặc giảm áp suất chung của hệ cân bằng thì cân bằng bao giờ cũng chuyển dịch theo chiều làm giảm tác dụng của việc tăng hay giảm áp suất đó. Nghĩa là, nếu tăng áp suất thì cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều làm giảm số mol khí và ngược lại. Chẳng hạn, trong phản ứng (\*), nếu ta giảm áp suất của hệ thì cân bằng sẽ dịch chuyển theo chiều thuận.

*Chú ý:* Nếu phản ứng có số mol khí tham gia ở hai vế của phương trình hoá học bằng nhau hoặc phản ứng không có chất khí tham gia thì áp suất không ảnh hưởng đến cân bằng.



- 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ:** Khi tăng nhiệt độ, cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều phản ứng thu nhiệt ( $\Delta H > 0$ ). Khi giảm nhiệt độ, cân bằng sẽ dịch chuyển theo chiều phản ứng tỏa nhiệt ( $\Delta H < 0$ ).



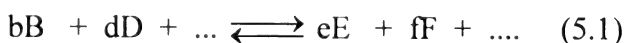
Phản ứng trên là phản ứng tỏa nhiệt, vì vậy một trong những biện pháp để thu được nhiều  $\text{NH}_3$  là giảm nhiệt độ.

*Chú ý:* Chất xúc tác làm tăng tốc độ phản ứng thuận và phản ứng nghịch với số lần bằng nhau. Do vậy, chất xúc tác có tác dụng làm cho cân bằng nhanh chóng được thiết lập, không ảnh hưởng đến việc chuyển dịch cân bằng hoá học.

**Nguyên lí Le Sa – tơ – li – ê:** Một phản ứng đang ở trạng thái cân bằng chịu một tác động từ bên ngoài như biến đổi nồng độ, áp suất, nhiệt độ, thì cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều làm giảm tác động bên ngoài đó.

## 5. Năng lượng tự do Gipsơ và hằng số cân bằng

Xét phản ứng tổng quát:



Biến thiên thế đẳng áp được tính như sau:

$$\Delta G = (e\bar{G}_{\text{E}} + f\bar{G}_{\text{F}} + \dots) - (b\bar{G}_{\text{B}} + d\bar{G}_{\text{D}} + \dots) \quad (5.2)$$

Trong đó  $\bar{G}$  là thế đẳng áp hay hàm Gipsơ của 1 mol chất khảo sát trong hệ tại áp suất  $P$  xác định ( $\bar{G}$  được gọi là thế đẳng áp mol riêng phần).

Nếu xét ở điều kiện chuẩn: 1 mol chất nguyên chất tại 1 atm cho toàn bộ các chất thì ta có:

$$\Delta G^0 = (e\bar{G}_{\text{E}}^0 + f\bar{G}_{\text{F}}^0 + \dots) - (b\bar{G}_{\text{B}}^0 + d\bar{G}_{\text{D}}^0 + \dots) \quad (5.3)$$

Biểu thức liên hệ  $\bar{G}$  hay  $\bar{G}^0$  với hóa thế, kết hợp (5.2) với (5.3) ta sẽ có phương trình:

$$\Delta G - \Delta G^0 = RT \ln \frac{a_{\text{E}}^e \cdot a_{\text{F}}^f \dots}{a_{\text{B}}^b \cdot a_{\text{D}}^d \dots} \quad (5.4)$$

Khi phản ứng (5.1) đạt trạng thái cân bằng thì:

$$\Delta G = 0 \Rightarrow \Delta G^0 = -RT \ln \frac{a_E^c \cdot a_F^f \dots}{a_B^b \cdot a_D^d \dots} = -RT \ln K_a \quad (5.5)$$

Thay  $K_C$  cho  $K_a$  ta được:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_C \quad (5.6)$$

Với các phản ứng ở pha khí, ta có:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_p \quad (5.7)$$

Tóm lại:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K = -2,303RT \lg K \quad (5.8)$$

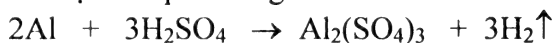
## 6. Các ví dụ minh họa

**Ví dụ 1:** Cho 8 gam lá Al vào một cốc đựng dung dịch  $H_2SO_4$  3M (dư) ở nhiệt độ thường. Nếu giữ nguyên các điều kiện khác, chỉ biến đổi một trong các điều kiện sau đây thì tốc độ phản ứng biến đổi như thế nào (tăng lên, giảm xuống hay không đổi) ?

- Thay 8 gam nhôm lá bằng 8 gam bột nhôm.
- Thay dung dịch  $H_2SO_4$  3M bằng dung dịch  $H_2SO_4$  2M.
- Thực hiện phản ứng ở nhiệt độ cao hơn (khoảng  $40^\circ C$ ).
- Dùng thể tích dung dịch  $H_2SO_4$  3M gấp đôi ban đầu.

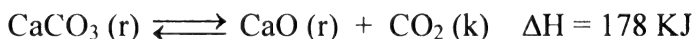
**Giải**

Phương trình hóa học của phản ứng:



- Tốc độ phản ứng tăng vì diện tích tiếp xúc giữa nhôm và axit  $H_2SO_4$  tăng
- Tốc độ phản ứng giảm vì khi giảm nồng độ axit  $H_2SO_4$  thì tốc độ va chạm giữa các phân tử chất phản ứng giảm.
- Tốc độ phản ứng tăng vì khi tăng nhiệt độ thì tần số va chạm giữa các phân tử chất phản ứng tăng.
- Tốc độ phản ứng không đổi vì khi dùng thể tích dung dịch  $H_2SO_4$  3M gấp đôi thì nồng độ axit vẫn không thay đổi.

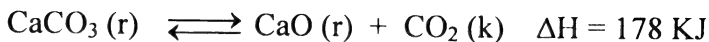
**Ví dụ 2:** Xét cân bằng sau trong một bình kín:



Ở  $820^\circ C$  hằng số cân bằng  $K_C = 4,28 \cdot 10^{-3}$ .

- Phản ứng trên là phản ứng tỏa nhiệt hay thu nhiệt ?
- Khi phản ứng đang ở trạng thái cân bằng, nếu biến đổi một trong những điều kiện sau đây thì hằng số cân bằng  $K_C$  biến đổi như thế nào ? Giải thích.
  - Giảm nhiệt độ của phản ứng xuống
  - Thêm khí  $CO_2$  vào
  - Tăng dung tích của bình phản ứng lên
  - Lấy bớt một lượng  $CaCO_3$  ra

### Giải



a) Phản ứng thu nhiệt vì  $\Delta H > 0$

b)  $K_C = [\text{CO}_2]$

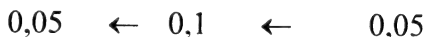
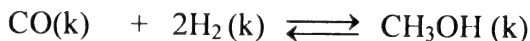
- Khi giảm nhiệt độ của phản ứng xuống thì cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều nghịch (chiều tỏa nhiệt) để đến trạng thái cân bằng mới và ở trạng thái cân bằng mới này thì nồng độ  $\text{CO}_2$  giảm  $\Rightarrow K_C$  giảm
- Khi thêm khí  $\text{CO}_2$  vào  $\rightarrow$  Nồng độ  $\text{CO}_2$  tăng  $\Rightarrow$  Cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận nhưng ở trạng thái cân bằng mới nồng độ  $\text{CO}_2$  không thay đổi  $\Rightarrow K_C$  không đổi
- Khi tăng dung tích của bình phản ứng lên  $\Rightarrow$  Áp suất của hệ giảm (nồng độ  $\text{CO}_2$  giảm)  $\Rightarrow$  Cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận làm tăng nồng độ  $\text{CO}_2$  nhưng chỉ tăng đến khi bằng nồng độ  $\text{CO}_2$  trước khi tăng dung tích của bình lên thì dừng lại và cân bằng được thiết lập  $\Rightarrow K_C$  không đổi.
- Lấy bớt một lượng  $\text{CaCO}_3$  ra thì cân bằng không chuyển dịch  $\rightarrow K_C$  không đổi

**Ví dụ 3:** Cho 0,1 mol CO tác dụng với 0,15 mol  $\text{H}_2$  trong bình có dung tích 1 lít, ở nhiệt độ cao, xảy ra phản ứng:  $\text{CO}(\text{k}) + 2\text{H}_2(\text{k}) \rightleftharpoons \text{CH}_3\text{OH}(\text{k})$

Khi phản ứng đạt trạng thái cân bằng thì  $[\text{CH}_3\text{OH}] = 0,05 \text{ mol}$ .

Tính hằng số cân bằng  $K_C$  của phản ứng trên.

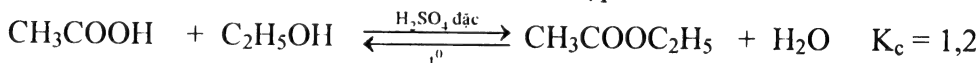
### Giải



$$\Rightarrow [\text{CO}] = 0,1 - 0,05 = 0,05\text{M}; [\text{H}_2] = 0,15 - 0,1 = 0,05\text{M}$$

$$\Rightarrow K_C = \frac{0,05}{0,05 \cdot 0,05^2} = 400.$$

**Ví dụ 4:** Cho 1 mol  $\text{CH}_3\text{COOH}$  và 2 mol  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  vào bình cầu và tạo điều kiện để phản ứng xảy ra, giả sử thể tích của hỗn hợp là 1 lít.



Hiệu suất của phản ứng trên là

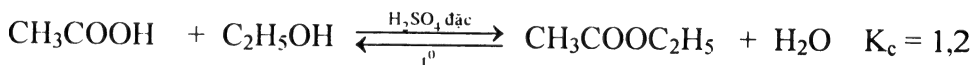
A. 69,30%.

B. 31,15%.

C. 37,70%.

D. 59,84%.

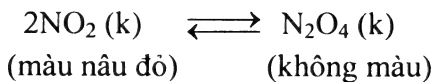
### Giải



Ban đầu:	1	2	0	0
Phản ứng:	h	h	h	h
Cân bằng:	1 - h	2 - h	h	h

$$\Rightarrow K_C = \frac{h^2}{(1-h)(2-h)} = 1,2 \Rightarrow h = 0,693 (= 69,3\%) \Rightarrow \text{Đáp án A}$$

**Ví dụ 5:** Cho cân bằng sau trong bình kín:



Biết khi hạ nhiệt độ của bình thì màu nâu nhạt dần. Phản ứng thuận có

- A.  $\Delta H > 0$ , phản ứng tỏa nhiệt                      B.  $\Delta H < 0$ , phản ứng tỏa nhiệt  
C.  $\Delta H > 0$ , phản ứng thu nhiệt                      D.  $\Delta H < 0$ , phản ứng thu nhiệt

**Giải**

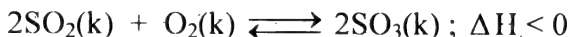
Khi hạ nhiệt độ của bình thì màu nâu nhạt dần tức là nồng độ  $\text{NO}_2$  giảm và nồng độ  $\text{N}_2\text{O}_4$  tăng  $\Rightarrow$  Cân bằng dịch chuyển theo chiều thuận để làm tăng nhiệt độ của môi trường lên hay nói cách khác phản ứng thuận tỏa nhiệt ( $\Delta H < 0$ )  $\Rightarrow$  Đáp án B

**Ví dụ 6:** Cho phản ứng sau:  $2\text{SO}_2(\text{k}) + \text{O}_2(\text{k}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{k})$ ;  $\Delta H < 0$

Để cân bằng trên chuyển dịch theo chiều thuận thì: (1) tăng nhiệt độ, (2) tăng áp suất, (3) hạ nhiệt độ, (4) dùng xúc tác là  $\text{V}_2\text{O}_5$ , (5) Giảm nồng độ  $\text{SO}_3$ . Biện pháp **đúng** là

- A. 1, 2, 5.              B. 2, 3, 5.              C. 1, 2, 3, 4, 5.              D. 2, 3, 4, 5.

**Giải**



- (1) Tăng nhiệt độ cân bằng chuyển dịch theo chiều thu nhiệt (chiều nghịch vì  $\Delta H < 0$ )  
(2) Tăng áp suất cân bằng chuyển dịch theo chiều giảm số mol khí (chiều thuận)  
(3) Hạ nhiệt độ cân bằng chuyển dịch theo chiều tỏa nhiệt (chiều thuận)  
(4) Dùng chất xúc tác cân bằng không chuyển dịch vì chất xúc tác làm tăng tốc độ phản ứng thuận và nghịch lên với số lần bằng nhau.  
(5) Giảm nồng độ  $\text{SO}_3$  cân bằng chuyển dịch theo chiều làm tăng nồng độ  $\text{SO}_3$  (chiều thuận)

**Ví dụ 7:** Cho cân bằng hoá học:  $\text{H}_2(\text{k}) + \text{I}_2(\text{k}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{k})$ ;  $\Delta H > 0$ .

Cân bằng **không** bị chuyển dịch khi

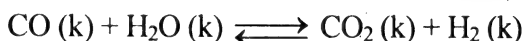
- A. Giảm nồng độ  $\text{HI}$ .                      B. Tăng nồng độ  $\text{H}_2$ .  
C. Tăng nhiệt độ của hệ.                      D. Giảm áp suất chung của hệ.

**Giải**

Vì tổng số mol khí ở hai vế bằng nhau nên sự thay đổi áp suất chung của hệ không làm cân bằng chuyển dịch  $\Rightarrow$  Đáp án D

**Ví dụ 8:** Cho 5,6 gam  $\text{CO}$  và 5,4 gam  $\text{H}_2\text{O}$  vào một bình kín dung tích không đổi 10 lít.

Nung nóng bình một thời gian ở  $830^\circ\text{C}$  để hệ đạt đến trạng thái cân bằng:

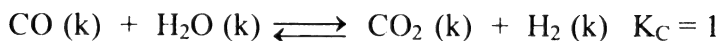


(hằng số cân bằng  $K_C = 1$ ). Nồng độ cân bằng của  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  lần lượt là

- A. 0,08M và 0,18M.                      B. 0,018M và 0,008M.  
C. 0,012M và 0,024M.                      D. 0,008M và 0,018M.

**Giải**

$$C_{\text{CO}} = \frac{5,6}{28.10} = 0,02 \text{ M} ; C_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5,4}{18.10} = 0,03 \text{ M}$$



$$\text{Bđ : } 0,02 \quad 0,03 \quad 0 \quad 0$$

$$\text{Pư : } x \quad x \quad x \quad x$$

$$\text{Cb : } 0,02 - x \quad 0,03 - x \quad x \quad x$$

$$K_C = \frac{[\text{H}_2].[\text{CO}_2]}{[\text{CO}].[\text{H}_2\text{O}]} \Rightarrow \frac{x^2}{(0,02 - x).(0,03 - x)} = 1 \Rightarrow x = 0,012 \text{ M}$$

$$\Rightarrow [\text{CO}] = 0,02 - 0,012 = 0,008 \text{ M} ; [\text{H}_2\text{O}] = 0,03 - 0,012 = 0,018 \text{ M} \Rightarrow \text{Đáp án D}$$

**Ví dụ 9:** Phản ứng điều chế  $\text{NH}_3$ :  $\text{N}_2 \text{ (k)} + 3\text{H}_2 \text{ (k)} \rightleftharpoons 2\text{NH}_3 \text{ (k)}$  có hằng số cân bằng tại  $500^\circ\text{C}$  là  $K_p = 1,5.10^{-5} \text{ atm}^{-2}$ . Nếu hỗn hợp đầu có  $\text{N}_2$  và  $\text{H}_2$  theo tỷ lệ mol 1:3. Hãy tính xem có bao nhiêu phần trăm hỗn hợp ban đầu đã chuyển thành  $\text{NH}_3$  nếu thực hiện ở 500 atm.

**Giải**

$$K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{P_{\text{N}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3} = 1,5.10^{-5} \quad (1)$$

$$P = P_{\text{H}_2} + P_{\text{N}_2} + P_{\text{NH}_3} \quad (2)$$

$$P_{\text{H}_2} = 3P_{\text{N}_2} \quad (3)$$

$$(2) + (3) \Rightarrow P = 4P_{\text{N}_2} + P_{\text{NH}_3} \Rightarrow P_{\text{N}_2} = 0,25(P - P_{\text{NH}_3})$$

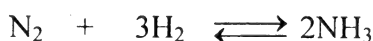
$$P_{\text{H}_2} = 0,75(P - P_{\text{NH}_3})$$

$$\Rightarrow K_p = \frac{P_{\text{NH}_3}^2}{0,25(P - P_{\text{NH}_3}).(0,75)^3(P - P_{\text{NH}_3})^3}$$

$$\text{Gọi } P_{\text{NH}_3} \text{ là } x. \text{ Khi } P = 500 \text{ atm} \Rightarrow 1,26.10^{-3}x^2 - 2,26x + 315 = 0$$

$$\Rightarrow x = 152 \text{ atm} = P_{\text{NH}_3}$$

Gọi a là % $\text{N}_2$  đã chuyển hoá thành  $\text{NH}_3$



$$\text{Ban đầu: } 1 \quad 3$$

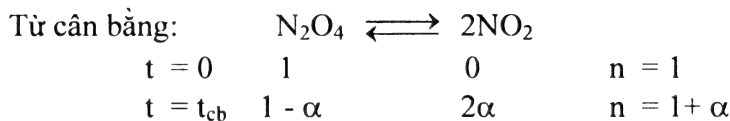
$$\text{Phản ứng : } a \quad 3a \quad 2a$$

$$\text{Cân bằng } 1 - a \quad 3(1 - a) \quad 2a$$

$$\text{Cùng nhiệt độ, thể tích: } \frac{2a}{4 - 2a} = \frac{152}{500} \Rightarrow a = 0,4662 (= 46,62\%)$$

**Ví dụ 10:** 18,4 gam  $\text{N}_2\text{O}_4$  được đặt trong một bình chân không thể tích 5,9 lít ở  $27^\circ\text{C}$  và áp suất lúc cân bằng là 1atm. Cùng lượng  $\text{N}_2\text{O}_4$  như trên nhưng ở  $110^\circ\text{C}$ , áp suất cân bằng 1 atm đạt được thể tích là 12,14 lít. Tính độ phân huỷ  $\text{N}_2\text{O}_4$  ở  $27^\circ\text{C}$  và  $110^\circ\text{C}$ .

**Giải**



Ở cùng nhiệt độ, thể tích:  $P_{cb} = P_0(1 + \alpha)$

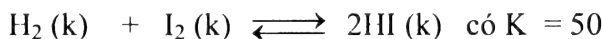
- Ở  $27^\circ\text{C}$ :  $P_{01} = \frac{nRT_1}{V} = \frac{18,4}{92} \cdot \frac{0,082(273 + 27)}{5,9} = 0,834 \text{ atm}$

$$\alpha_1 = \frac{P_{cb}}{P_0} - 1 = \frac{1}{0,834} - 1 = 0,20$$

- Ở  $110^\circ\text{C}$ :  $P_{02} = \frac{nRT_2}{V} = \frac{18,4}{92} \cdot \frac{0,082(273 + 110)}{12,14} = 0,517 \text{ atm}$

$$\alpha_2 = \frac{P_{cb}}{P_0} - 1 = \frac{1}{0,517} - 1 = 0,93$$

**Ví dụ 11:** Hỗn hợp gồm 1 mol  $\text{H}_2$  và 1 mol  $\text{I}_2$  được đốt nóng trong bình phản ứng có thể tích 30 lít đến nhiệt độ  $470^\circ\text{C}$ . Cho phản ứng:



Tính:

- Số mol  $\text{I}_2$  còn lại khi cân bằng thiết lập.
- Áp suất tổng cộng trong bình phản ứng.
- Áp suất riêng của  $\text{I}_2$  và  $\text{HI}$  trong hỗn hợp cân bằng.
- Nếu đưa tiếp vào hỗn hợp cân bằng 1 mol  $\text{H}_2$ . Hãy xác định số mol  $\text{H}_2$  còn lại chưa phản ứng.

**Giải**

a) Gọi x là số mol  $\text{H}_2$  đã phản ứng ta có:

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} = 50 \Rightarrow x = 0,78 \text{ mol}$$

Số mol  $\text{I}_2$  còn lại sau phản ứng là 0,22 mol

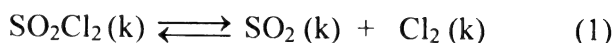
b)  $P = \frac{nRT}{V} = \frac{2,0,082,743}{30} = 4,1 \text{ atm}$

c)  $P_{\text{I}_2} = \frac{0,22 \cdot 0,082,743}{30} = 0,45 \text{ atm}$

$$P_{\text{HI}} = \frac{1,56 \cdot 0,082,743}{30} = 3,17 \text{ atm}$$

$$d) K = \frac{(2x)^2}{(1-x)(2-x)} = 50 \Rightarrow x = 0,93 \text{ mol} \Rightarrow \text{Số mol } I_2 \text{ còn lại là } 0,07 \text{ mol.}$$

**Ví dụ 12:** Sunfuryl diclorua  $SO_2Cl_2$  là hoá chất phổ biến trong phản ứng clo hoá tại  $350^0C$ , 2 atm phản ứng:

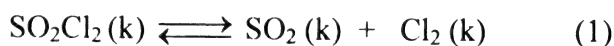


Có  $K_p = 50$

- Hãy cho biết đơn vị của trị số đó và giải thích hằng số cân bằng  $K_p$  này có phải có đơn vị như vậy.
- Tính phần trăm thể tích khí  $SO_2Cl_2$  còn lại khi (1) đạt trạng thái cân bằng ở điều kiện đã cho.
- Ban đầu dùng 150 mol  $SO_2Cl_2(k)$ , tính số mol  $Cl_2(k)$  thu được khi (1) đạt trạng thái cân bằng.

### Giải

a) Gọi số mol  $SO_2Cl_2$  ban đầu là 1; Độ phân li là x. Ta có:



Ban đầu:	1	0	0
Phân li:	x	x	x
Cân bằng:	1 - x	x	x

$$K_p = \frac{P_{SO_2}(\text{atm}).P_{Cl_2}(\text{atm})}{P_{SO_2Cl_2}(\text{atm})} = 50 (\text{atm}) \quad (2)$$

b) Vì các khí đều là khí lí tưởng nên  $P_i = P.x_i$  (3)

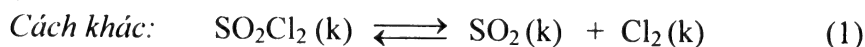
$$\text{Mà: } x_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$$

Ở đây:  $n_{SO_2} = n_{Cl_2} = x$ ;  $\sum n_i = 1 + x$

$$K_p = P \cdot \frac{x^2}{(1-x)(1+x)} \Rightarrow 50 = 2 \cdot \frac{x^2}{(1-x)(1+x)} \Rightarrow x = 0,9806 \text{ mol}$$

Số mol  $SO_2Cl_2$  còn lại  $1 - x = 0,0194 \text{ mol}$

$$\text{Do đó } SO_2Cl_2 \text{ chiếm } \frac{0,0194}{1,9806} \cdot 100\% = 0,98\%$$



Ban đầu:	2	0	0
Cân bằng:	2 - 2P	P	P

$$\Rightarrow K_p = \frac{P^2}{2-P} = 50 \Rightarrow P = 0,9902$$

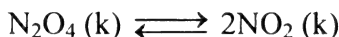
Ở cùng điều kiện nhiệt độ và thể tích:

$$\%V_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} = \frac{n_{\text{SO}_2\text{Cl}_2} \cdot 100\%}{n_{\text{sau}}} = \frac{P_{\text{SO}_2\text{Cl}_2}}{P_{\text{sau}}} \cdot 100\% = \frac{2(1-0,9902)}{2} \cdot 100\% = 0,98\%$$

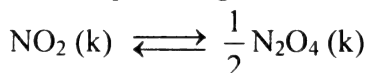
**Ví dụ 13:** Xét phản ứng:  $2\text{NO}_2 (\text{k}) \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4 (\text{k})$

a) Xác định  $\Delta G^0$  và  $K_p$  của phản ứng này ở  $25^\circ\text{C}$ .

b) Xác định  $\Delta G^0$  và  $K_p$  của phản ứng nghịch:



c) Xác định  $\Delta G^0$  và  $K_p$  đối với phản ứng thuận được biểu diễn dưới dạng:



Cho biết:  $\Delta G^0_{\text{N}_2\text{O}_4} = 97,82 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ;  $\Delta G^0_{\text{NO}_2} = 51,30 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

**Giải**

a)  $\Delta G^0 = \Delta G^0_{\text{N}_2\text{O}_4} - 2\Delta G^0_{\text{NO}_2} = 97,82 - 2 \cdot 51,30 = -4,78 \text{ KJ}$

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_p = -2,303RT \lg K_p \Rightarrow \lg K_p = \frac{4780}{2,303 \cdot 8,314 \cdot 298} = 0,837$$

$$\Rightarrow K_p = 6,88$$

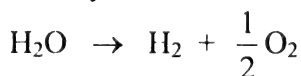
b)  $\Delta G^0_1 = -\Delta G^0 = 4,78 \text{ KJ}$ ;  $K_{p1} = K_p^{-1} = 0,146$

c)  $\Delta G^0_2 = \frac{1}{2} \Delta G^0 = -2,39 \text{ KJ}$ ;  $K_{p2} = \sqrt{K_p} = 2,62$

**Ví dụ 14:** Khi đốt nóng 1 mol hơi nước dưới áp suất 1 atm, người ta giả thiết rằng hơi nước bị phân huỷ thành  $\text{H}_2$  và  $\text{O}_2$ , cả 3 khí đều là lí tưởng. Tính giá trị của hằng số cân bằng  $K_p$  ở 1500K và 2000K. Biết rằng phần mol của hiđro lúc cân bằng tương ứng là  $1,92 \cdot 10^{-4}$  và  $6,00 \cdot 10^{-4}$ . Giả thiết rằng biến thiên entanpi của phản ứng không phụ thuộc vào nhiệt độ trong khoảng từ 1500K đến 2000K. Tính  $\Delta H$ .

**Giải**

Phương trình phân huỷ nước:



$$t = 0 : \quad 1 \quad \quad 0 \quad \quad 0$$

$$t = t_{\text{cb}} : \quad 1 - x \quad \quad x \quad \quad 0,5x$$

• Ở 1500K:  $x_{\text{H}_2} = \frac{x}{1 + 0,5x} = 1,92 \cdot 10^{-4} \Rightarrow x = 1,92 \cdot 10^{-4}$

$$K_{p(1500K)} = \frac{x \cdot (0,5x)^{\frac{1}{2}}}{1-x} \cdot \left( \frac{P}{1+0,5x} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,88 \cdot 10^{-6}$$



• Ở 2000K:

$$x_{H_2} = \frac{1}{1 + 0,5x} = 6,00 \cdot 10^{-4} \Rightarrow x = 6 \cdot 10^{-4}$$

$$K_p(2000K) = \frac{x \cdot (0,5x)^{\frac{1}{2}}}{1-x} \cdot \left( \frac{P}{1+0,5x} \right)^{\frac{1}{2}} = 1,04 \cdot 10^{-5}$$

Ta có:  $\ln \frac{K_{p_2}}{K_{p_1}} = -\frac{\Delta H}{R} \left( \frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \Rightarrow \Delta H = 85328 \text{ J.mol}^{-1}$

**Ví dụ 15:** Khi đun nóng đến nhiệt độ cao  $PCl_5$  bị phân huỷ theo phương trình:



1. Cho m gam  $PCl_5$  vào một bình dung tích V, đun nóng bình đến nhiệt độ T (K) để xảy ra phản ứng phân li  $PCl_5$ . Sau khi đạt tới cân bằng áp suất trong bình bằng P. Hãy thiết lập biểu thức  $K_p$  theo độ phân li  $\alpha$  và áp suất P. Thiết lập biểu thức  $K_p$  theo  $\alpha$ , m và V.
2. Trong thí nghiệm thực hiện ở nhiệt độ  $T_1$ , người ta cho 83,3 gam  $PCl_5$  vào bình dung tích  $V_1$ . Sau khi đạt trạng thái cân bằng đo được  $P = 2,700 \text{ atm}$ . Hỗn hợp khí trong bình có tỉ khối so với hydro bằng 68,826. Tính  $\alpha$  và  $K_p$ .
3. Trong thí nghiệm 2 giữ nguyên lượng  $PCl_5$  và nhiệt độ như ở thí nghiệm 1 nhưng thay dung tích là  $V_2$  thì đo được áp suất cân bằng là 0,500 atm. Tính tỉ số  $V_2/V_1$ .
4. Trong thí nghiệm 3 giữ nguyên lượng  $PCl_5$  và dung tích bình  $V_1$  như ở thí nghiệm 1 nhưng hạ nhiệt độ của bình tới  $T_3 = 0,9T_1$  thì đo được áp suất cân bằng là 1,944 atm. Tính  $K_p$  và  $\alpha$ . Từ đó cho biết phản ứng phân li  $PCl_5$  thu nhiệt hay tỏa nhiệt. Cho  $Cl = 35,453$ ;  $P = 30,974$ ;  $H = 1,008$ ; các khí đều là khí lí tưởng.

### Giải

1. Tìm biểu thức  $K_p$ ,  $K_c$



Ban đầu:      a                      0                      0

Cân bằng:    a - x                      x                      x

Tổng số mol khí lúc cân bằng: a + x = n

Độ phân li  $\alpha = \frac{x}{a}$ ; Khối lượng mol:

$$M_{PCl_5} = 30,974 + 5 \cdot 35,453 = 208,239 \text{ (g/mol)}$$

$$M_{PCl_3} = 30,974 + 3 \cdot 35,453 = 137,333 \text{ (g/mol)}$$

$$M_{Cl_2} = 70,906 \text{ (g/mol)}$$

$$\Rightarrow n_{PCl_5} \text{ ban đầu} = a = \frac{m}{208,293}$$

• Tính  $K_p$ :

Áp suất riêng phần lúc cân bằng của mỗi khí:

$$P_{\text{PCl}_5} = \frac{a-x}{a+x} P; \quad P_{\text{PCl}_3} = P_{\text{Cl}_2} = \frac{x}{a+x} P$$

$$K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{Cl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{x^2}{(a+x)^2} \cdot P^2 \cdot \frac{a+x}{a-x} \cdot \frac{1}{P} = \frac{x^2}{a^2-x^2} \cdot P = \frac{\left(\frac{x}{a}\right)^2}{1-\left(\frac{x}{a}\right)^2} \cdot P = \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} \cdot P$$

• Tính  $K_c$ :

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta n} \text{ ở đây } \Delta n = 1; \quad RT = \frac{PV}{n} = \frac{PV}{a+x} = \frac{PV}{a(1+\alpha)}$$

$$\Rightarrow \frac{\alpha^2}{1-\alpha^2} P = K_c \cdot \frac{PV}{a(1+\alpha)} \Rightarrow K_c = \frac{\alpha^2 a}{(1-\alpha)V} = \frac{\alpha^2 m}{208,93(1-\alpha)V}$$

2. Thí nghiệm 1:  $n_{\text{PCl}_5} = 0,4 \text{ mol}$

$$M_{\text{hh}} \equiv 68,826.2,016 = 138,753 \text{ gam/mol}$$

Tổng số mol khí lúc cân bằng:

$$n_1 = a(1 + \alpha_1) = 0,4(1 + \alpha_1) = \frac{83,30}{138,753} = 0,6 \Rightarrow \alpha_1 = 0,5$$

• Tìm  $K_p$  tại nhiệt độ  $T_1$ :

$$K_p = \frac{\alpha_1^2}{1-\alpha_1^2} \cdot P_1 = \frac{(0,5)^2}{1-(0,5)^2} \cdot 2,7 = 0,9$$

3. Thí nghiệm 2: - Giữ nguyên nhiệt độ  $\Rightarrow K_p$  không đổi

- Giữ nguyên số mol  $\text{PCl}_5$  ban đầu  $\Rightarrow a = 0,4 \text{ mol}$

- Áp suất cân bằng  $P_2 = 0,5 \text{ atm}$

$$K_p = \frac{\alpha_2^2}{1-\alpha_2^2} \cdot P_2 = \frac{\alpha_2^2}{1-\alpha_2^2} \cdot 0,5 = 0,9 \Rightarrow \alpha_2 = 0,802$$

Tổng số mol khí lúc cân bằng:

$$n_2 = a(1 + \alpha_2) = 0,4(1 + 0,802) = 0,721 \text{ mol}$$

Trong điều kiện đẳng nhiệt:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2 P_1}{n_1 P_2} = \frac{0,721 \cdot 2,7}{0,6 \cdot 0,5} = 6,489 \text{ (lần)}$$

4. Thí nghiệm 3:

- Thay đổi nhiệt độ  $\Rightarrow K_p$  thay đổi

- Giữ nguyên số mol  $\text{PCl}_5$  ban đầu  $a = 0,4 \text{ mol}$  và  $V_1$

- Áp suất cân bằng  $V_3$  thay đổi do: Nhiệt độ giảm ( $T_3 = 0,9T_1$ ), tổng số mol khí thay đổi  $n_3 \neq n_1$

-  $P_3 = 1,944 \text{ atm}$ .

- Trong điều kiện đẳng tích, ta có:

$$\frac{P_3}{P_1} = \frac{n_3 T_3}{n_1 T_1} \Rightarrow n_3 = \frac{n_1 T_1 P_3}{T_3 P_1} = \frac{0,6 T_1 \cdot 1,944}{2,7 \cdot 0,9 T_1} = 0,48 \text{ mol}$$

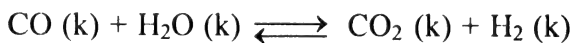
$$\Rightarrow n_3 = a(1 + \alpha_3) \Rightarrow \alpha_3 = 0,2$$

$$\bullet K_p = \frac{\alpha_3^2}{1 - \alpha_3^2} \cdot P_3 = \frac{(0,2)^2}{1 - (0,2)^2} \cdot 1,944 = 0,081$$

- Khi hạ nhiệt độ  $K_p$  giảm  $\Rightarrow$  cân bằng chuyển dịch theo chiều nghịch. Chiều nghịch là chiều phát nhiệt  $\Rightarrow$  Chiều thuận là chiều thu nhiệt.

## B. BÀI TẬP

1. Một bình kín dung tích 1 lít chứa 1,5 mol  $H_2$  và 1,0 mol  $N_2$  (có xúc tác và nhiệt độ thích hợp). Ở trạng thái cân bằng có 0,2 mol  $NH_3$  tạo thành. Muốn hiệu suất đạt 25 % cần phải thêm vào bình bao nhiêu mol  $N_2$ ?
2. Bình kín có thể tích không đổi là 0,5 lít chứa 0,5 mol  $H_2$  và 0,5 mol  $N_2$  ở  $t^\circ C$ , khi ở trạng thái cân bằng có 0,2 mol  $NH_3$  được tạo thành. Tính hằng số cân bằng  $K_C$  của phản ứng tổng hợp  $NH_3$ .
3. Cho phản ứng :  $H_2 (k) + I_2 (k) \rightleftharpoons 2HI (k)$   
Ở nhiệt độ  $430^\circ C$ , hằng số cân bằng  $K_C$  của phản ứng trên bằng 53,96. Đun nóng một bình kín dung tích không đổi 10 lít chứa 4,0 gam  $H_2$  và 406,4 gam  $I_2$ . Khi hệ phản ứng đạt trạng thái cân bằng ở  $430^\circ C$ , thì nồng độ của HI là bao nhiêu ?
4. Cho cân bằng hoá học sau:  $2SO_2 (k) + O_2 (k) \rightleftharpoons 2SO_3 (k) ; \Delta H < 0$ .  
Cho các biện pháp: (1) tăng nhiệt độ, (2) tăng áp suất chung của hệ phản ứng, (3) hạ nhiệt độ, (4) dùng thêm chất xúc tác  $V_2O_5$ , (5) giảm nồng độ  $SO_3$ , (6) giảm áp suất chung của hệ phản ứng. Những biện pháp nào làm cân bằng trên chuyển dịch theo chiều thuận ? Giải thích ?
5. Cho 5,6 gam CO và 5,4 gam  $H_2O$  vào một bình kín dung tích không đổi 10 lít.  
Nung nóng bình một thời gian ở  $830^\circ C$  để hệ đạt đến trạng thái cân bằng:



(hằng số cân bằng  $K_c = 1$ ). Tính nồng độ cân bằng của CO,  $H_2O$ .

6. Để hòa tan hết một mẫu kẽm trong dung dịch HCl ở  $20^\circ C$  cần 6 phút. Cũng mẫu kẽm đó tan trong dung dịch axit nói trên ở  $30^\circ C$  trong 3 phút. Hỏi để hòa tan hết mẫu kẽm đó trong dung dịch axit nói trên ở  $80^\circ C$  cần thời gian bao lâu?
7. Cho cân bằng sau (trong bình kín) :



Cân bằng trên sẽ chuyển dịch theo chiều nào nếu

a) tăng nhiệt độ.

b) tăng áp suất

c) dùng chất xúc tác.

Giải thích.

8. Cho 0,04 mol  $\text{NO}_2$  vào một bình kín dung tích 100 ml (ở  $t^\circ\text{C}$ ), sau 20 giây thấy tổng nồng độ khí trong bình là 0,30 mol/l. Tính tốc độ trung bình của phản ứng (tính theo  $\text{NO}_2$ , ở  $t^\circ\text{C}$ ) trong 20 giây.

9. Trong các cặp phản ứng sau, phản ứng nào có tốc độ lớn hơn ?

a)  $\text{Fe} + \text{CuSO}_4$  (1M) và  $\text{Fe} + \text{CuSO}_4$  (2M) (cùng nhiệt độ)

b)  $\text{Fe} + \text{CuSO}_4$  (1M,  $25^\circ\text{C}$ ) và  $\text{Fe} + \text{CuSO}_4$  (1M,  $50^\circ\text{C}$ )

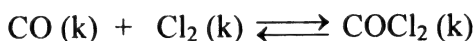
c)  $\text{Zn}$  (hạt) +  $\text{FeSO}_4$  (2M) và  $\text{Zn}$  (bột) +  $\text{FeSO}_4$  (2M) (cùng nhiệt độ)

d)  $2\text{KClO}_3(\text{r}) \xrightarrow{t^\circ} 2\text{KCl}(\text{r}) + 3\text{O}_2(\text{r})$  và

$2\text{KClO}_3(\text{r}) \xrightarrow{\text{MnO}_2, t^\circ} 2\text{KCl}(\text{r}) + 3\text{O}_2(\text{r})$

10. a) Hỏi nồng độ CO trong phản ứng  $2\text{CO}(\text{k}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{k}) + \text{C}(\text{r})$  tăng lên bao nhiêu lần để tốc độ phản ứng tăng lên 16 lần.

b) Tác dụng giữa CO và  $\text{Cl}_2$  diễn ra theo phương trình:



Nồng độ CO là 0,4 M, của clo là 0,3M. Hỏi tốc độ phản ứng thay đổi thế nào nếu nồng độ của clo tăng lên 0,8M, của CO tăng lên 0,6M

11. a) Cho phản ứng:  $\text{A}(\text{k}) + 2\text{B}(\text{k}) \rightarrow \text{C}(\text{k}) + \text{D}(\text{k})$

(1) Khi nồng độ chất B tăng lên 4 lần và nồng độ chất A không đổi thì tốc độ phản ứng tăng hay giảm bao nhiêu lần ?

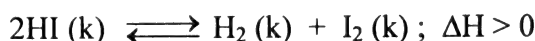
(2) Khi áp suất của hệ tăng lên 3 lần thì tốc độ phản ứng tăng lên bao nhiêu lần ?

b) Cho phản ứng:  $\text{N}_2(\text{k}) + 3\text{H}_2(\text{k}) \rightleftharpoons 2\text{NH}_3(\text{k})$

Sau một thời gian, nồng độ các chất như:  $[\text{N}_2] = 3\text{M}$ ;  $[\text{H}_2] = 2\text{M}$ ;  $[\text{NH}_3] = 4\text{M}$ .

Tính nồng độ ban đầu của  $\text{N}_2$  và  $\text{H}_2$ .

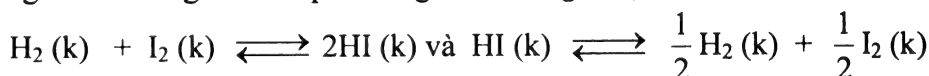
12. Khi đun nóng HI trong bình kín, xảy ra phản ứng sau:



a) Ở một nhiệt độ nào đó, hằng số cân bằng  $K_C$  của phản ứng là  $\frac{1}{81}$ . Tính xem có

bao nhiêu phần trăm HI bị phân hủy.

b) Tính hằng số cân bằng của các phản ứng sau ở cùng nhiệt độ như trên :



13. Cho 0,15 mol  $\text{CaCO}_3(\text{r})$  vào bình chân không dung tích 1 lít để thực hiện phản ứng sau :  $\text{CaCO}_3(\text{r}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{r}) + \text{CO}_2(\text{k})$

Ở nhiệt độ  $800^\circ\text{C}$ , hằng số cân bằng  $K_C = 4 \cdot 10^{-3}$

Ở nhiệt độ  $850^\circ\text{C}$ , hằng số cân bằng  $K_C = 10^{-2}$

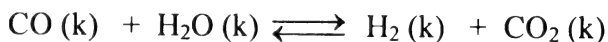
Tính hiệu suất chuyển hóa  $\text{CaCO}_3$  thành  $\text{CaO}$  và  $\text{CO}_2$  (%  $\text{CaCO}_3$  bị phân hủy) khi đạt đến trạng thái cân bằng ở hai nhiệt độ trên. So sánh các kết quả thu được và hãy rút ra kết luận và giải thích.

14. Có cân bằng sau:  $\text{N}_2\text{O}_4(\text{k}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{k})$

- a) Cho 9,2 gam  $\text{N}_2\text{O}_4$  vào bình kín dung tích 5,864 lít ở  $25^\circ\text{C}$ . Lúc cân bằng áp suất của hỗn hợp khí trong bình là 0,5 atm. Tính áp suất riêng phần của  $\text{N}_2\text{O}_4$  và  $\text{NO}_2$  lúc cân bằng.
- b) Nếu tăng áp suất của hệ lúc cân bằng lên 0,75 atm thì áp suất riêng phần của  $\text{NO}_2$  và  $\text{N}_2\text{O}_4$  lúc này là bao nhiêu ? Kết quả có phù hợp với nguyên lí Le Chatelier hay không ?
15. X là hỗn hợp của  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$ , có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 22,4. Nung nóng X một thời gian trong bình kín có chất xúc tác thích hợp, thu được hỗn hợp khí có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 26,67. Tính hiệu suất của phản ứng tổng hợp  $\text{SO}_3$ .

16. Cho phản ứng:  $2\text{SO}_2(\text{k}) + \text{O}_2(\text{k}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{k}) \quad \Delta H = -198 \text{ kJ}$

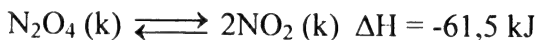
- a) Giả sử ở một nhiệt độ nào đó, hỗn hợp cân bằng trong bình kín dung tích 1 lít có các thành phần sau đây:  $[\text{SO}_3] = 0,45 \text{ M}$ ;  $[\text{O}_2] = 0,2 \text{ M}$ ;  $[\text{SO}_2] = 0,15 \text{ M}$
- b) Giảm thể tích của của bình phản ứng xuống thì cân bằng chuyển dịch theo chiều nào (nhiệt độ không đổi) ?
- c) Nếu tăng nhiệt độ lên, cân bằng sẽ chuyển dịch theo chiều nào ?
- d) Dự đoán điều kiện đúng để thực hiện sự điều chế  $\text{SO}_3$  trong công nghiệp trên phương diện cân bằng hóa học và thực tế sản xuất.
17. Ở nhiệt độ  $1396 \text{ K}$  và áp suất  $1,0133 \cdot 10^5 \text{ N.m}^{-2}$ . Hãy tính hằng số cân bằng của phản ứng điều chế khí than ướt:



Biết: - Độ phân li của hơi nước thành hidro và oxi là  $0,567 \cdot 10^{-4}$ .

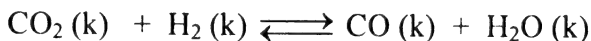
- Độ phân li của cacbon dioxit thành cacbon oxit và oxi là  $1,551 \cdot 10^{-4}$ .

18. Cho phản ứng:



- a) Cân bằng được thiết lập xuất phát từ a mol  $\text{N}_2\text{O}_4$ . Thiết lập biểu thức  $K_p = f(P, \alpha)$ , trong đó P là áp suất của hệ lúc cân bằng,  $\alpha$  là độ phân li của  $\text{N}_2\text{O}_4$ .
- b) Nếu có 1,588 gam  $\text{N}_2\text{O}_4$  trong bình dung tích 0,50 lít ở  $25^\circ\text{C}$  và P lúc cân bằng là 1,0 atm thì  $\alpha$ ,  $K_p$  và áp suất riêng phần của  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  lúc cân bằng là bao nhiêu?

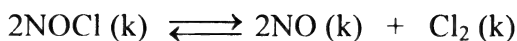
19. Cho phản ứng:



- a) Hằng số cân bằng của phản ứng ở  $850^\circ\text{C}$  bằng 1. Nồng độ ban đầu của  $\text{CO}_2$  và  $\text{H}_2$  là 0,2M và 0,8M. Tìm nồng độ 4 chất ở thời điểm cân bằng.
- b) Tính hằng số cân bằng của phản ứng ( $K_p$ ) ở  $25^\circ\text{C}$ . Cho biết:

Chất	$\text{H}_2(\text{k})$	$\text{CO}_2(\text{k})$	$\text{CO}(\text{k})$	$\text{H}_2\text{O}(\text{k})$
$\Delta H_{298}^0 \text{ (kJ/mol)}$	0	-393,509	-110,525	-241,818
$S_{298} \text{ (J/molK)}$	130,575	213,63	197,565	188,716

## 20. Xét cân bằng:



Các dữ liệu nhiệt động cho ở bảng sau:

	NOCl	NO	Cl <sub>2</sub>
$\Delta H_{298}^0$ (kJ/mol)	51,71	90,25	0
$S_{298}$ (J/molK)	26,4	21,1	22,3

Cho rằng  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  thay đổi theo nhiệt độ không đáng kể.

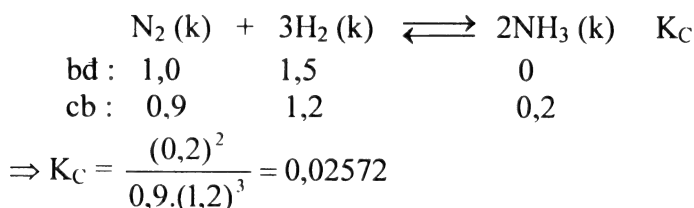
a) Tính  $K_P$  của phản ứng ở 298K.

b) Tính  $K_P$  của phản ứng ở 475K.

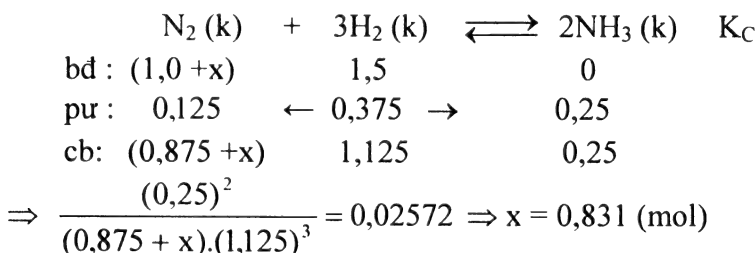
c) Cho 2,00 gam NOCl vào bình chân không có dung tích 2,00 lít. Tính áp suất trong bình lúc cân bằng ở 298K và ở 475K.

## C. HƯỚNG DẪN GIẢI

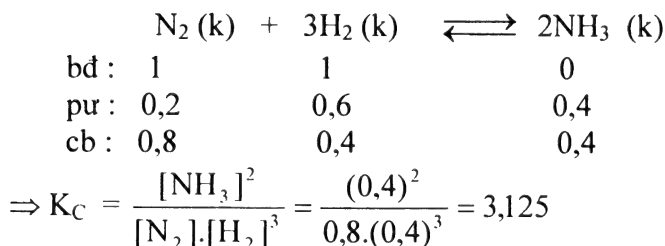
1. Vì thể tích bình 1 lít nên số mol bằng nồng độ mol



Gọi x là số mol N<sub>2</sub> cần thêm vào bình để hiệu suất phản ứng đạt 25%. Ta có :

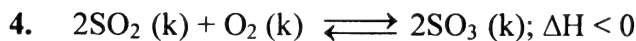
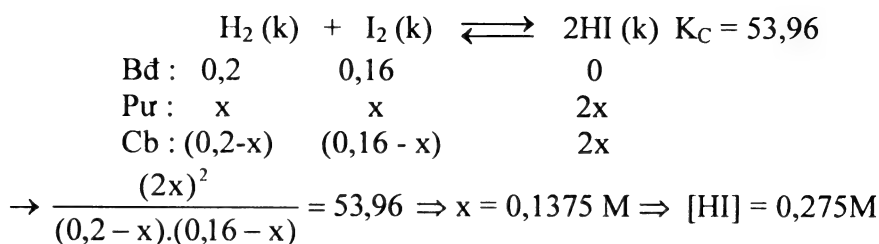


2.



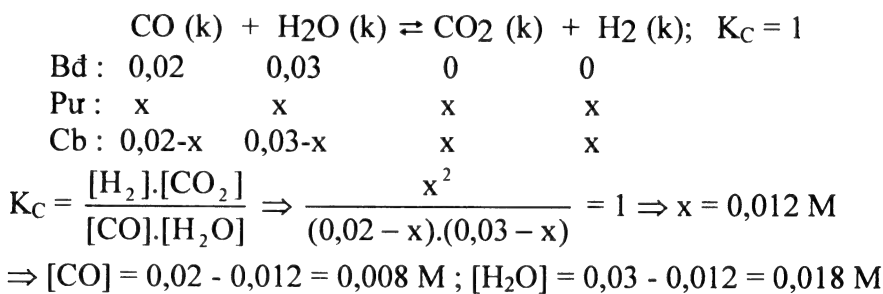
3.

$$C_{\text{H}_2} = \frac{4}{2.10} = 0,2 \text{ M} ; C_{\text{I}_2} = \frac{406,4}{10.254} = 0,16 \text{ M}$$



- (1) Tăng nhiệt độ cân bằng chuyển dịch theo chiều thu nhiệt (chiều nghịch) làm giảm nhiệt độ của môi trường xuống vì  $\Delta H < 0$  nên chiều thuận là chiều toả nhiệt.
- (2) Tăng áp suất chung của hệ phản ứng, cân bằng chuyển dịch theo chiều giảm số mol khí (chiều thuận).
- (3) Hạ nhiệt độ cân bằng chuyển dịch theo chiều tăng nhiệt (chiều thuận)
- (4) Dùng thêm chất xúc tác  $\text{V}_2\text{O}_5$  cân bằng không chuyển dịch vì chất xúc tác làm tăng tốc độ phản ứng thuận và nghịch với số lần bằng nhau.
- (5) Giảm nồng độ  $\text{SO}_3$  cân bằng chuyển dịch theo chiều thuận làm tăng nồng độ  $\text{SO}_3$  lên.
- (6) giảm áp suất chung của hệ phản ứng cân bằng chuyển dịch theo chiều tăng số mol khí (chiều nghịch).

5.  $C_{\text{CO}} = \frac{5,6}{28.10} = 0,02 \text{ M} ; C_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{5,4}{18.10} = 0,03 \text{ M}$



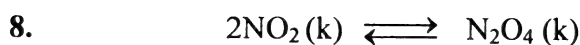
6.  $\frac{v_2}{v_1} = 2^{\frac{t_2-t_1}{10}} \Rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 2^{\frac{80-20}{10}} = 2^6$

Khi nhiệt độ tăng từ  $20^\circ\text{C}$  đến  $80^\circ\text{C}$  thì tốc độ phản ứng tăng lên  $2^6$  lần  
 $\Rightarrow$  Thời gian giảm xuống  $2^6$  lần.

Thời gian để hoà tan hết mẫu kẽm trong dung dịch  $\text{HCl}$  ở  $80^\circ\text{C}$  là

$$\frac{6.60}{2^6} = 5,625 \text{ giây.}$$

7. a) Tăng nhiệt độ cân bằng chuyển dịch theo chiều thu nhiệt (chiều nghịch) vì  $\Delta H < 0$
- b) Tăng áp suất cân bằng chuyển dịch theo chiều giảm số mol khí (chiều nghịch).
- c) Dùng chất xúc tác cân bằng không chuyển dịch vì chất xúc tác làm tăng tốc độ phản ứng thuận và nghịch lên với số lần như nhau.



ban đầu: 0,4

phản ứng:  $2x \rightarrow x$

còn:  $0,4 - 2x$

$$\Rightarrow C_M \text{ khí} = 0,4 - 2x + x = 0,3 \Rightarrow x = 0,1 \text{ mol/l}$$

$$\Rightarrow v = \frac{\Delta C_{\text{NO}_2}}{\Delta t} = \frac{0,4 - 0,2}{20} = 0,01 (\text{mol/l.s})$$

10. a) Gọi  $[\text{CO}]$  lúc tốc độ  $V_1$  là  $x$ , gọi  $[\text{CO}]$  lúc tốc độ  $V_2$  là  $y$

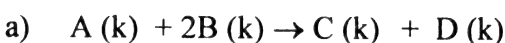
$$V_2 = 16V_1; V_1 = kx^2; V_2 = ky^2 \Rightarrow ky^2 = 16kx^2 \Rightarrow y = 4x$$

$\Rightarrow [\text{CO}]$  tăng lên 4 lần

$$\text{b) } V_1 = k[\text{CO}].[Cl_2] = k.0,4.0,3 = 0,12k; V_2 = k[\text{CO}].[Cl_2] = k.0,8.0,6 = 0,48k$$

$$\Rightarrow V_2 = 4V_1 \Rightarrow \text{Tốc độ phản ứng tăng lên 4 lần}$$

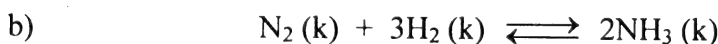
11.



$$V = k[A][B]^2$$

• Khi nồng độ chất B tăng lên 4 lần và nồng độ chất A không đổi thì tốc độ phản ứng tăng lên  $4^2 = 16$  lần

• Khi áp suất của hệ tăng lên 3 lần thì nồng độ chất A và B đều tăng lên 3 lần  $\rightarrow$  tốc độ phản ứng tăng lên  $3^3 = 27$  lần



Ban đầu: a                      b                      0

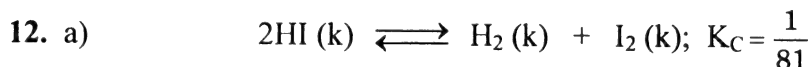
Phản ứng:  $x \rightarrow 3x \rightarrow 2x$

Cân bằng: 3                      2                      4

$$\Rightarrow [\text{NH}_3] = 2x = 4 \Rightarrow x = 2\text{M}$$

$$[\text{N}_2] = a - x = 3 \Rightarrow a = 3 + x = 3 + 2 = 5\text{M}$$

$$[\text{H}_2] = b - 3x = 2 \Rightarrow b = 2 + 3x = 2 + 6 = 8\text{M}$$

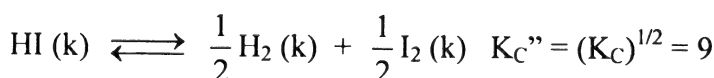
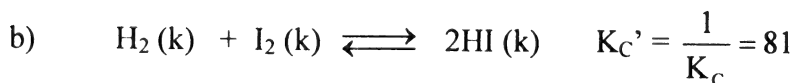


Ban đầu: x                      0                      0

Phản ứng:  $x_1 \rightarrow 0,5x_1 \rightarrow 0,5x_1$

Cân bằng:  $x - x_1$                        $0,5x_1$                        $0,5x_1$

$$K_C = \frac{[\text{H}_2].[I_2]}{[\text{HI}]^2} \Rightarrow \frac{(0,5x_1)^2}{(x-x_1)^2} = \frac{1}{81} \Rightarrow \frac{x_1}{x} = \frac{1}{5,5} = 0,1818 (= 18,18\%)$$





13.  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightleftharpoons \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}); K_c$

Ban đầu:      0,15                      0                      0

**Phản ứng:**

Cân bằng:     $0,15 - x$                        $x$                        $x$

$$\Rightarrow K_c = [\text{CO}_2] = x$$

$$\text{Hiệu suất chuyển hóa CaCO}_3: H = \frac{x \cdot 100\%}{0,15} = \frac{K_c \cdot 100\%}{0,15}$$

Ở nhiệt độ  $800^{\circ}\text{C}$ , hằng số cân bằng  $K_C = 4.10^{-3} \Rightarrow H = \frac{4.10^{-3}.100\%}{0.15} = 2,67\%$

Ở nhiệt độ  $850^{\circ}\text{C}$ , hằng số cân bằng  $K_C = 10^{-2} \Rightarrow H = \frac{10^{-2} \cdot 100\%}{0,15} = 6,67\%$

$$\Rightarrow H(850^{\circ}\text{C}) > H(800^{\circ}\text{C})$$

Vậy khi tăng nhiệt độ thì hiệu suất chuyển hóa  $\text{CaCO}_3$  tăng vì hằng số cân bằng  $K_C$  của phản ứng phân hủy  $\text{CaCO}_3$  tăng.

14.

$$\text{a) } n_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{9,2}{92} = 0,1 (\text{mol})$$

$$\text{N}_2\text{O}_4(\text{k}) \rightleftharpoons 2\text{NO}_2(\text{k})$$

Ban đầu:   0,1                 0

**Phản ứng:**     x                                2x

Cân bằng:  $0,1 - x$                        $2x$

Số mol hỗn hợp khí khi cân bằng là:

$$0,1 - x + 2x = 0,1 + x = \frac{PV}{RT} = \frac{0,5 \cdot 5,864}{0,082(273 + 25)} = 0,12 \Rightarrow x = 0,02 \text{ mol}$$

$$P_{\text{NO}_2} = \frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{hh}}} \cdot P_h = \frac{2,0,02}{0,12} \cdot 0,5 = 0,167 \text{ atm}$$

$$P_{N_2O_4} = P_h - P_{NO_2} = 0,5 - 0,167 = 0,333 \text{ atm}$$

b) Hằng số cân bằng của phản ứng:

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{(0,167)^2}{0,333} = 8,375 \cdot 10^{-2}$$

Gọi  $a$  là áp suất riêng phần của  $\text{NO}_2 \Rightarrow$  Áp suất riêng phần của  $\text{N}_2\text{O}_4$  là  $(0,75 - a)$  atm

$$\frac{a^2}{(0,75-a)} = 8,375 \cdot 10^{-2} \Rightarrow a^2 + 8,375 \cdot 10^{-2}a - 6,28125 \cdot 10^{-2} = 0$$

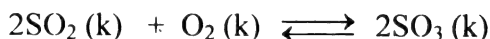
$$\Rightarrow a = 0,212 \text{ atm} = P_{\text{NO}_2}; P_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0,75 - 0,212 = 0,538 \text{ atm}$$

$P_{\text{hệ}} \text{ (atm)}$	0,5	0,75
$\frac{P_{\text{NO}_2}}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}}$	$\frac{0,167}{0,333} = 0,501$	$\frac{0,212}{0,538} = 0,394$

Như vậy, khi tăng áp suất của hệ thì cân bằng đã chuyển dịch theo chiều nghịch làm giảm nồng độ  $\text{NO}_2$  và tăng nồng độ  $\text{N}_2\text{O}_4$ , nghĩa là cân bằng đã chuyển dịch theo chiều làm giảm số mol khí của hệ xuống, điều đó phù hợp với nguyên lý Le Chatelier.

15. Gọi  $x, y$  lần lượt là số mol ban đầu của  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$ . Ta có:

$$\frac{64x + 32y}{x + y} = 2.22,4 \rightarrow y = 1,5x$$



$$\text{Ban đầu: } \quad x \quad \quad 1,5x \quad \quad 0$$

$$\text{Phản ứng: } \quad xh \rightarrow 0,5xh \rightarrow xh$$

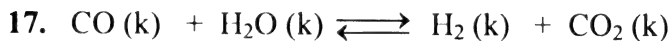
$$\text{Cân bằng: } x(1-h) \quad 1,5x - 0,5xh \quad xh$$

$$\Rightarrow n_s = x(1-h) + 1,5x - 0,5xh + xh = 2,5x - 0,5xh$$

$$n_t = x + 1,5x = 2,5x$$

$$\text{Ta có: } \frac{n_s}{n_t} = \frac{\overline{M}_t}{M_s} \rightarrow \frac{2,5 - 0,5h}{2,5} = \frac{22,4}{26,67} \Rightarrow h = 0,8 (=80\%)$$

16. Bạn đọc tự giải. Đáp số: 75%

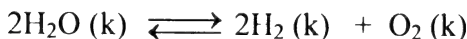


$$\text{Theo định luật tác dụng khối lượng: } K_p = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}}}$$

Giá trị  $K_p$  của phản ứng trên có thể tính từ hằng số phân li của  $\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{CO}_2$ .



$$K_{p(\text{CO}_2)} = \frac{P_{\text{CO}}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{CO}_2}^2} \quad (1)$$



$$K_{p(\text{H}_2\text{O})} = \frac{P_{\text{H}_2}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}^2} \quad (2)$$

Vì khi tạo thành khí than ướt,  $\text{CO}_2$  tồn tại cùng với hơi  $\text{H}_2\text{O}$  nên nồng độ cân bằng của  $\text{O}_2$  khi phân li  $\text{CO}_2$  và hơi  $\text{H}_2\text{O}$  là bằng nhau. Do vậy, chia (2) cho (1), ta được:

$$\frac{K_{p(\text{H}_2\text{O})}}{K_{p(\text{CO}_2)}} = \frac{P_{\text{CO}_2}^2 \cdot P_{\text{H}_2}^2 \cdot P_{\text{O}_2}}{P_{\text{H}_2\text{O}}^2 \cdot P_{\text{CO}}^2 \cdot P_{\text{O}_2}} = \frac{P_{\text{CO}_2}^2 \cdot P_{\text{H}_2}^2}{P_{\text{H}_2\text{O}}^2 \cdot P_{\text{CO}}^2} = K_p^2 \Rightarrow K_p = \sqrt{\frac{K_{p(\text{H}_2\text{O})}}{K_{p(\text{CO}_2)}}}$$

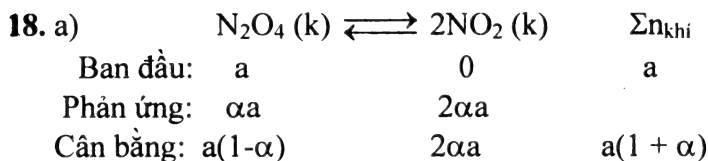
Để giải bài toán này, ta biểu diễn hằng số cân bằng của phản ứng phân li hơi nước và cacbon dioxit qua áp suất tổng cộng và độ phân li:

$$P_{\text{CO}} = \frac{2\alpha_1}{2 + \alpha_1} P; P_{\text{O}_2} = \frac{\alpha_1}{2 + \alpha_1} P; P_{\text{CO}_2} = \frac{2(1 - \alpha_1)}{2 + \alpha_1} P$$

Thay vào (1):  $K_{P(\text{CO}_2)} \approx \frac{P_{\alpha_1}^3}{P_{\alpha_2}} = 1,890 \cdot 10^{-8}$  (vì  $\alpha_1 \ll 1$ )

Thay vào (2) ta có:

$$K_{P(\text{H}_2\text{O})} \approx \frac{P_{\alpha_1}^3}{2} = 0,9234 \cdot 10^{-8} \quad (\text{vì } \alpha_2 \ll 1) \Rightarrow K_P = \sqrt{\frac{0,9234 \cdot 10^{-8}}{1,890 \cdot 10^{-8}}} = 0,699$$



Áp suất riêng phần tại cân bằng:

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{NO}_2} &= \frac{2\alpha a}{a(1 + \alpha)} P = \frac{2\alpha}{1 + \alpha} P \\ P_{\text{N}_2\text{O}_4} &= \frac{a(1 - \alpha)}{a(1 + \alpha)} P = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha} P \end{aligned} \right\} \Rightarrow K_P = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{4\alpha^2 P}{1 - \alpha^2}$$

**b)** Ta có:  $a = \frac{1,588}{92} = 0,01726 = 1,726 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{khí}} = a(1 + \alpha) = 1,726 \cdot 10^{-2} (1 + \alpha) = \frac{PV}{RT} = \frac{1,0,5}{0,082 \cdot 298} = 0,02046$$

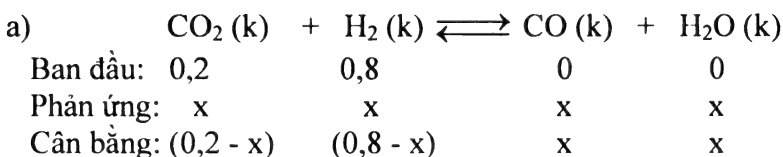
$$\Rightarrow \alpha = 0,1854 \text{ (18,54\%)}$$

$$K_P = \frac{P_{\text{NO}_2}^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{4\alpha^2 P}{1 - \alpha^2} = \frac{4 \cdot 0,1854^2 \cdot 1}{1 - 0,1854^2} = 0,1424$$

$$P_{\text{NO}_2} = \frac{2\alpha P}{1 + \alpha} = \frac{2 \cdot 0,1854 \cdot 1}{1 + 0,1854} = 0,3128 \text{ (atm)}$$

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{(1 - \alpha)P}{1 + \alpha} = \frac{(1 - 0,1854) \cdot 1}{1 + 0,1854} = 0,6872 \text{ (atm)}$$

**19.**



Ta có:  $K_c = \frac{x^2}{(0,2-x)(0,8-x)} = 1 \Rightarrow x = 0,16M$

Vậy:

$$[CO_2] = 0,2 - 0,16 = 0,04M; [H_2] = 0,8 - 0,16 = 0,64M$$

$$[CO] = [H_2O] = 0,16M$$

b) Ta có:

$$\Delta H_{298}^0 (\text{phản ứng}) = -110,525 + (-241,818) - (-393,509) = 41,166 \text{ kJ/mol}$$

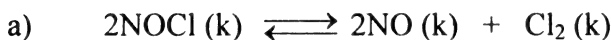
$$\Delta S_{298}^0 (\text{phản ứng}) = 197,565 + 188,716 - (213,63 + 130,575) = 42,076 \text{ kJ/mol}$$

Mà:

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0 = -RT \ln K_p$$

$$\Rightarrow K_p = e^{-\frac{\Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0}{RT}} = e^{-\frac{41,166.10^3 - 298.42,076}{8,314.298}} = 9,592.10^{-6}$$

20.



Ta có:

$$\Delta H_{298}^0 (\text{phản ứng}) = 2.90,25 - 2.51,71 = 77,08 \text{ kJ.mol}^{-1} = 77,08.10^3 \text{ J.mol}^{-1}$$

$$\Delta S_{298}^0 (\text{phản ứng}) = 2.21,1 + 22,3 - 2.26,4 = 11,7 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$$

$$\Delta G_{298}^0 = \Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0 = -RT \ln K_p$$

$$\Rightarrow K_p = e^{-\frac{\Delta H_{298}^0 - T\Delta S_{298}^0}{RT}} = e^{-\frac{77,08.10^3 - 298.11,7}{8,314.298}} = 1,26.10^{-13}$$

b) Cho rằng  $\Delta H$ ,  $\Delta S$  thay đổi theo nhiệt độ không đáng kể nên:

$$\Rightarrow K_p' = e^{-\frac{\Delta H_{298}^0 - 475\Delta S_{298}^0}{475R}} = e^{-\frac{77,08.10^3 - 475.11,7}{8,314.475}} = 1,36.10^{-8}$$

c) Ở 298K và ở 475K,  $K_p$  và  $K_p'$  đều rất nhỏ nên ta có thể coi như NOCl phân hủy

không đáng kể  $\Rightarrow n_{\text{khí}} = n_{\text{NOCl ban đầu}} = 0,03 \text{ mol}$

$$P_{298} = \frac{nRT}{V} = \frac{0,03.0,082.298}{2} = 0,367 \text{ atm}$$

$$P_{475} = \frac{nRT}{V} = \frac{0,03.0,082.475}{2} = 0,584 \text{ atm}$$

## A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

### I. SỰ ĐIỆN LI

**1. Định nghĩa:** Quá trình phân li các chất trong nước ra thành ion gọi là sự điện li. Những chất tan trong nước phân li ra ion gọi là những chất điện li. Vậy axit, bazơ và muối là những chất điện li. Sự điện li biểu diễn bằng phương trình điện li.



### 2. Chất điện li mạnh - chất điện li yếu - chất không điện li

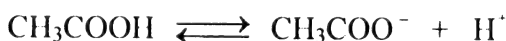
**a) Chất điện li mạnh** là chất khi tan trong nước, các phân tử hoà tan đều phân li ra ion (trong phương trình điện li dùng dấu mũi tên  $\rightarrow$ ). *Thí dụ:*



Những chất điện li mạnh bao gồm:

- Hầu hết các muối như:  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,...
- Các axit mạnh như:  $\text{HCl}$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HClO}_4$ ,  $\text{HMnO}_4$ ,...
- Các bazơ mạnh (bazơ tan) như: bazơ kiềm,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,...

**b) Chất điện li yếu** là chất khi tan trong nước chỉ có một phần số phân tử hoà tan phân li ra ion, phần còn lại vẫn tồn tại dưới dạng phân tử trong dung dịch. Quá trình điện li là quá trình thuận nghịch (trong phương trình điện li dùng mũi tên hai chiều). *Thí dụ:*

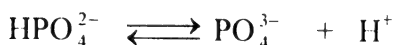
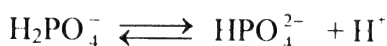
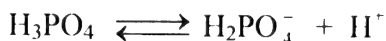


Những chất điện li yếu bao gồm:

- Các axit yếu:  $\text{RCOOH}$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{HNO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,...
- Các bazơ yếu:  $\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  và các hidroxit không tan.

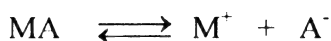
**c) Chất không điện li** là những chất khi tan vào nước hoàn toàn không phân li thành các ion. Chúng có thể là những chất rắn như glucosơ  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , chất lỏng như  $\text{CH}_3\text{CHO}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ,...

**Chú ý:** Đối với đa axit hoặc đa bazơ yếu sẽ phân li theo từng nấc:



### 3. Độ điện li $\alpha$

Độ điện li  $\alpha$  cho biết phần trăm chất tan phân li thành ion và được biểu diễn bằng tỉ số nồng độ mol của phân tử chất tan phân li thành ion (C) và nồng độ ban đầu của chất điện li ( $C_0$ ):



$$\alpha = \frac{C}{C_0} = \frac{[M^+]}{C_0} = \frac{[A^-]}{C_0}$$

- Nếu  $C = 0 \Rightarrow$  chất MA không điện li ( $\alpha = 0$ )
  - Nếu  $C = C_0 \Rightarrow$  chất MA điện li hoàn toàn ( $\alpha = 1$ )
- $$\left. \vphantom{\begin{matrix} \bullet \\ \bullet \end{matrix}} \right\} \Rightarrow 0 < \alpha \leq 1$$

*Chú ý:*

- Độ điện li  $\alpha$  phụ thuộc vào bản chất của chất tan, vào nhiệt độ và nồng độ của dung dịch. Dung dịch càng loãng ( $C_0$  càng nhỏ) thì  $\alpha$  càng lớn.
- Đối với dung dịch axit yếu ( $\alpha < 1$ ).



Ban đầu:  $C_0$                       0                      0

Phản ứng:  $C_0\alpha$                        $C_0\alpha$                        $C_0\alpha$

Cân bằng:  $(1-\alpha)C_0$                        $C_0\alpha$                        $C_0\alpha$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha^2 C_0}{1-\alpha}$$

Giả sử  $\alpha \ll 1 \Rightarrow 1-\alpha \approx 1 \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_a}{C_0}}$

- Đối với dung dịch bazơ yếu ( $\alpha < 1$ ).



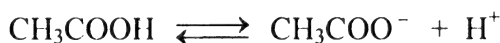
Tương tự ta cũng có:  $K_b = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{\alpha^2 C_0}{1-\alpha}$

Giả sử  $\alpha \ll 1 \Rightarrow 1-\alpha \approx 1 \Rightarrow \alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C_0}}$

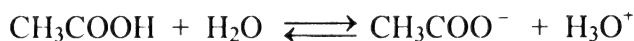
#### 4. Axit - Bazơ - Muối

##### a) Axit

- Axit là chất khi tan trong nước phân li ra ion  $H^+$  (theo A- re - ni - ut). *Thí dụ :*

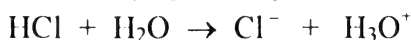


- Axit là chất nhường proton ( $H^+$ ) để trở thành bazơ liên hợp, axit càng mạnh thì bazơ liên hợp với nó càng yếu và ngược lại (theo Bronsted). *Thí dụ :*

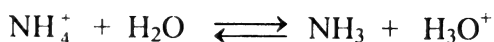


Như vậy theo thuyết Bronsted, axit có thể là:

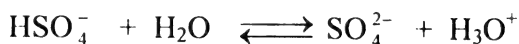
– *Phân tử trung hòa:*  $HCl, H_2SO_4, H_3PO_4, HNO_3, NH_4Cl, CuCl_2, \dots$



– *Cation*:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})^{3+}$ ,  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})^{3+}$ ,  $\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})^{2+}$ , ...



– *Anion*:  $\text{HSO}_4^-$



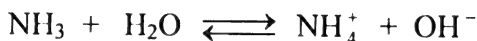
#### b) Bazơ

• Bazơ là chất khi tan trong nước phân li ra ion  $\text{OH}^-$  (theo A- re- ni - ut). *Thí dụ* :



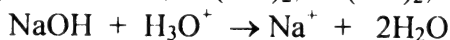
• Bazơ là chất có khả năng nhận proton ( $\text{H}^+$ ) để trở thành axit liên hợp, bazơ càng mạnh thì bazơ liên hợp với nó càng yếu và ngược lại (theo Bronstet).

*Thí dụ* :

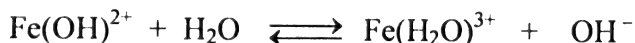


Như vậy theo thuyết Bronsted, bazơ có thể là:

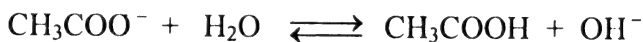
– *Phân tử trung hòa*:  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ...



– *Cation*:  $\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ ,  $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$ , ...

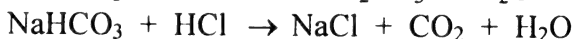
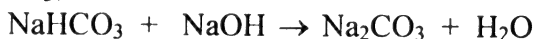


– *Anion*:  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CH}_3\text{COO}^-$ , ...



c) **Chất lưỡng tính**: Là hidroxit khi tan trong nước vừa có thể phân li như axit, vừa có thể phân li như bazơ (hoặc vừa có khả năng nhường, vừa có khả năng nhận proton  $\text{H}^+$ ). *Thí dụ* :

$\text{ZnO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{PbO}$ ,  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Pb}(\text{OH})_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHS}$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ , ...



d) **Chất trung tính**: Là chất không có khả năng nhường và cũng không có khả năng nhận proton ( $\text{H}^+$ ). Chất trung tính bao gồm:

– *Cation kim loại mạnh*:  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ , ...

– *Anion gốc axit mạnh*:  $\text{ClO}_4^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ , ...

### 5. Sự điện li của nước - pH của dung dịch.

#### a) Sự điện li của nước

Nước là chất điện li yếu:  $\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$

hay viết đơn giản:  $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$

Tích số nồng độ  $\text{H}^+$  và  $\text{OH}^-$  trong nước nguyên chất hoặc trong nước không quá đặc ở mỗi nhiệt độ là hằng số, gọi là tích số ion của nước (kí hiệu  $K_w$ ):

$$K_w = [\text{H}^+].[\text{OH}^-].$$

Ở 25°C ta có:

$$K_w = [H^+].[OH^-] = 10^{-14} \quad (5.1)$$

Từ (5.1) ta suy ra:

- Môi trường axit:  $[H^+] > [OH^-]$  và  $[H^+] > 10^{-7}$ .
- Môi trường trung tính:  $[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$
- Môi trường bazơ:  $[H^+] < [OH^-]$  và  $[H^+] < 10^{-7}$ .

**b) pH dung dịch:** Là chỉ số để đo nồng độ (đặc, loãng) của dung dịch axit hay bazơ khi nồng độ của dung dịch nhỏ hơn 0,1 mol/l. Công thức tính:

$$pH = -\lg[H^+] \quad (5.2)$$

Logarit hoá hai vế của (5.1) ta có trong một dung dịch:

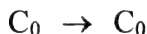
$$pH + pOH = 14 \quad (5.3)$$

Từ (5.3) suy ra:

- Môi trường axit:  $pH < 7$ .
- Môi trường trung tính:  $pH = 7$ .
- Môi trường bazơ:  $pH > 7$ .

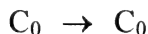
**c) Cách tính pH của một dung dịch**

• Đối với dung dịch axit mạnh ( $\alpha = 1$ ).



$$\Rightarrow pH = -\lg[H^+] = -\lg C_0$$

• Đối với dung dịch bazơ mạnh ( $\alpha = 1$ )



$$\Rightarrow pOH = -\lg[OH^-] = -\lg C_0 \Rightarrow pH = 14 - pOH$$

• Đối với dung dịch axit yếu ( $\alpha < 1$ ).



$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} \quad \text{và} \quad pK_a = -\lg K_a$$

Vì  $[H^+] = [A^-]$  hơn nữa lại là một axit yếu nên  $C \ll C_0$

$\Rightarrow [HA] \approx C_0$  vậy ta có:

$$K_a = \frac{[H^+]^2}{C_0} \Rightarrow [H^+]^2 = K_a C_0 \Rightarrow pH = \frac{1}{2}(pK_a - \lg C_0)$$

• Đối với dung dịch bazơ yếu ( $\alpha < 1$ ):





$$K_b = \frac{[B^-][OH^-]}{[BOH]} \quad \text{và} \quad pK_b = -\lg K_b$$

Tương tự như trường hợp axit yếu ta cũng có:

$$pOH = \frac{1}{2} (pK_b - \lg C_0) \Rightarrow pH = 14 - pOH = 14 - \frac{1}{2} (pK_b - \lg C_0)$$

Trong đó  $C_0$  là nồng độ ban đầu của axit và bazơ.

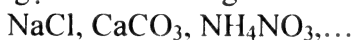
## 6. Muối và sự thủy phân của muối

Muối là hợp chất khi tan trong nước phân li ra cation kim loại (hoặc cation  $NH_4^+$ ) và anion gốc axit. *Thí dụ:*

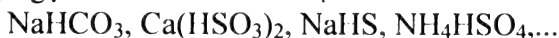


Khi hoà tan vào nước các muối sẽ phân li thành các ion và bị hidrat hoá.

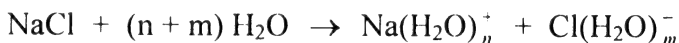
– Muối mà anion gốc axit của muối không còn hydro có khả năng phân li ra ion  $H^+$  được gọi là muối trung hoà. *Thí dụ:*



– Muối mà anion gốc axit của muối vẫn còn hydro có khả năng phân li ra ion  $H^+$  được gọi là muối axit. *Thí dụ:*



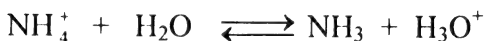
**a) Nếu muối tạo bởi axit mạnh và bazơ mạnh** thì quá trình phân li chỉ dừng lại ở các ion bị hidrat hoá và pH của dung dịch này không đổi ( $pH = 7$ )  $\Rightarrow$  quỳ tím không đổi màu. *Thí dụ:*



**b) Nếu muối tạo bởi axit mạnh và bazơ yếu** thì khi thủy phân sẽ thu được dung dịch có môi trường axit ( $pH < 7$ )  $\Rightarrow$  quỳ tím hoá đỏ. *Thí dụ:*

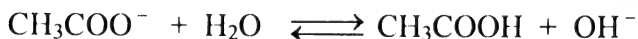
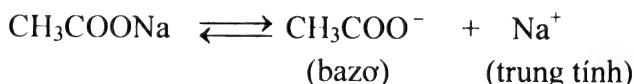


(axit)      (trung tính)



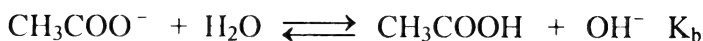
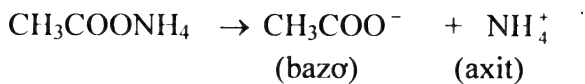
$\Rightarrow [H_3O^+] > [OH^-] \Rightarrow$  dung dịch có môi trường axit ( $pH < 7$ ).

**c) Nếu muối tạo bởi axit yếu và bazơ mạnh** thì khi thủy phân sẽ thu được dung dịch có môi trường bazơ ( $pH > 7$ )  $\Rightarrow$  quỳ tím hoá xanh. *Thí dụ:*



$\Rightarrow [OH^-] > [H_3O^+] \Rightarrow$  dung dịch có môi trường bazơ ( $pH > 7$ ).

**d) Nếu muối tạo bởi axit yếu và bazơ yếu** thì khi thủy phân để kết luận dung dịch thu được có môi trường nào ta phải dựa vào hằng số  $K_a$ ,  $K_b$  của axit yếu và bazơ yếu. *Thí dụ:*



– Nếu  $K_a > K_b \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] > [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} < 7$ .

– Nếu  $K_a = K_b \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} = 7$ .

– Nếu  $K_a < K_b \Rightarrow [\text{H}_3\text{O}^+] < [\text{OH}^-] \Rightarrow \text{pH} > 7$ .

## 7. Các phản ứng xảy ra trong dung dịch

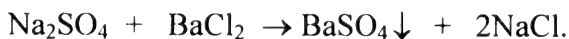
### a) Phản ứng trao đổi ion

• **Khái niệm:** Phản ứng trao đổi ion trong dung dịch là phản ứng xảy ra có sự trao đổi ion giữa các chất điện li để tạo thành chất mới, trong đó, số oxi hoá của chúng trước và sau phản ứng không thay đổi.

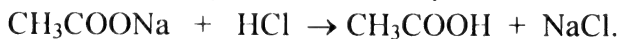
### • Điều kiện xảy ra phản ứng trao đổi ion

Phản ứng trao đổi ion chỉ xảy ra trong những trường hợp sau:

– Sản phẩm của phản ứng có kết tủa tạo thành. *Thí dụ:*



– Sản phẩm của phản ứng tạo chất điện li yếu. *Thí dụ:*



– Sản phẩm của phản ứng tạo chất dễ bay hơi. *Thí dụ:*



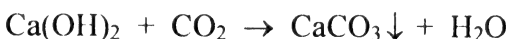
### Chú ý:

1. Nếu trong số các chất tham gia có chất khó tan hoặc điện li yếu thì đối với chương trình phổ thông thường xảy ra 4 trường hợp sau:

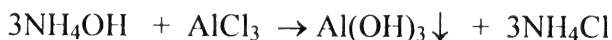
– *Phản ứng do quan hệ đây:* axit (bazơ) mạnh hơn đây axit (bazơ) yếu hơn ra khỏi muối của nó. *Thí dụ:*



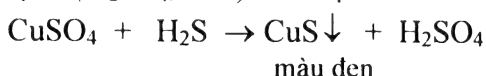
– *Hợp chất ít tan chuyển thành hợp chất khó tan.* *Thí dụ:*



– *NH<sub>4</sub>OH điện li yếu cho kết tủa các hiđroxit khó tan.* *Thí dụ:*

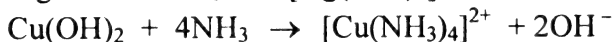
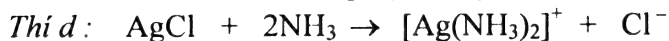
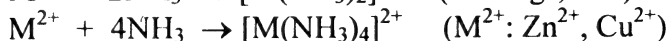
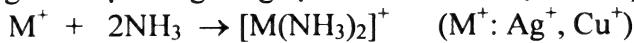


– *H<sub>2</sub>S điện li yếu cho kết tủa các sunfua kim loại nặng (Cu, Zn, Ag, ....) không tan trong axit mạnh (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, HCl).* *Thí dụ:*



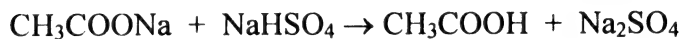
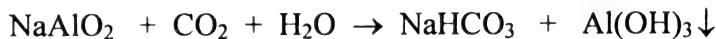
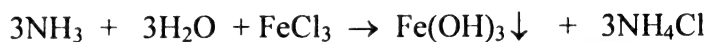
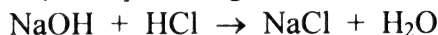
## 2. Một số chất kết tủa có khả năng tạo phức chất tan

Bạc clorua và các hidroxít của các kim loại đồng, bạc, kẽm không tan trong nước nhưng tan được trong dung dịch amniac dư do tạo thành phức chất tan.



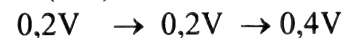
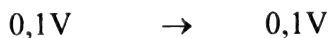
### b) Phản ứng axit - bazơ

Phản ứng axit - bazơ là phản ứng trong đó có sự cho nhận proton  $H^+$  (trường hợp đặc biệt của phản ứng trao đổi ion). *Thí dụ:*



**Ví dụ 1:** Trộn V lít dung dịch chứa NaOH 0,1M và  $Ba(OH)_2$  0,2M với 400 ml dung dịch chứa HCl +  $HNO_3$  có pH = 2. Kết thúc phản ứng thu được dung dịch có pH = 4. Tính giá trị của V.

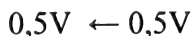
**Giải**



$$\Rightarrow \sum n_{OH^-} = 0,1V + 0,4V = 0,5V \text{ mol}$$

400 ml dung dịch chứa HCl +  $HNO_3$  có pH = 2  $\Rightarrow n_{H^+} = 0,4.0,01 = 0,004 \text{ mol}$

Dung dịch thu được có pH = 4 > 7  $\Rightarrow H^+$  còn,  $OH^-$  hết



$$\Rightarrow n_{H^+ \text{ còn}} = 0,004 - 0,5V = 10^{-4}.(V + 0,4) \Rightarrow V = 7,92 \text{ ml.}$$

**Ví dụ 2:** Nhỏ rất từ từ 30 ml dung dịch chứa HCl và  $HNO_3$  có pH = 1 vào 10 ml dung dịch chứa  $Na_2CO_3$  0,1M và  $NaHCO_3$  0,15M. Kết thúc phản ứng thu được dung dịch X và V lít  $CO_2$  (đktc).

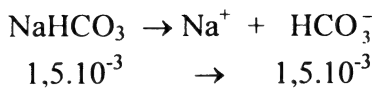
a) Tính giá trị của V.

b) Tính thể tích dung dịch  $Ba(OH)_2$  0,1M cần dùng để phản ứng vừa hết với dung dịch X.

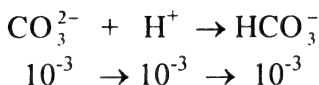
**Giải**

a)  $n_{Na_2CO_3} = 0,01.0,1 = 0,001 \text{ mol}$ ;  $n_{NaHCO_3} = 0,01.0,15 = 0,0015 \text{ mol}$



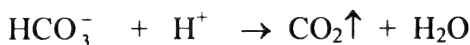


30 ml dung dịch chứa HCl và HNO<sub>3</sub> có pH = 1  $\Rightarrow n_{\text{H}^+} = 0,003 \text{ mol}$



$$\Rightarrow \sum n_{\text{HCO}_3^-} = 10^{-3} + 1,5 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol};$$

$$n_{\text{H}^+} \text{ dư} = 0,003 - 0,001 = 0,002 \text{ mol}$$



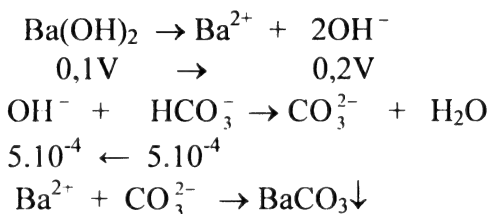
$$0,002 \leftarrow 0,002 \rightarrow 0,002$$

$$\Rightarrow V_{\text{CO}_2} = 0,002 \cdot 22,4 = 0,0448 \text{ lít} = 44,8 \text{ ml}$$

b) Dung dịch X chứa : Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> và HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> :  $2,5 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$

X + Ba(OH)<sub>2</sub> :

Gọi V là thể tích dung dịch Ba(OH)<sub>2</sub> cần thêm vào để phản ứng vừa hết với dung dịch X. Ta có :



$$\Rightarrow 0,2V = 5 \cdot 10^{-4} \Rightarrow V = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ lít} = 2,5 \text{ ml}$$

**Ví dụ 3:** Trộn 100 ml dung dịch chứa HCl 0,1M và H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,1M với 150 ml dung dịch chứa NaOH 0,1M và Ba(OH)<sub>2</sub> 0,05M, kết thúc các phản ứng thu được dung dịch X và m gam kết tủa.

a) Tính m.

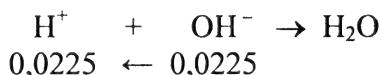
b) Tính pH của dung dịch X.

**Giải**

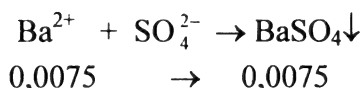
$$\text{a) } n_{\text{H}^+} = n_{\text{HCl}} + 2n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,01 + 0,02 = 0,03 \text{ mol}; n_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,01 \text{ mol};$$

$$n_{\text{OH}^-} = n_{\text{NaOH}} + 2n_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,0225 \text{ mol};$$

$$n_{\text{Ba}^{2+}} = n_{\text{Ba(OH)}_2} = 0,05 \cdot 0,15 = 0,0075 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{H}^+} \text{ còn} = 0,03 - 0,0225 = 0,0075 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow m = 233 \cdot 0,0075 = 1,7475 \text{ gam}$$

$$b) [H^+] = \frac{0,0075}{0,1 + 0,15} = 0,03 M \Rightarrow pH = -\lg[H^+] = -\lg 0,03 = 1,52$$

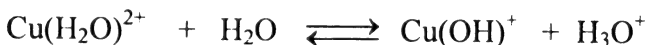
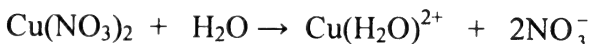
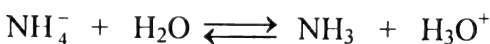
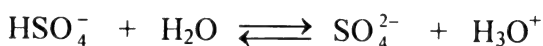
**Ví dụ 4:** a) Hòa tan từng muối NaCl, NH<sub>4</sub>Cl, NaHSO<sub>4</sub>, Na<sub>2</sub>S, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> vào nước thành 5 dung dịch, sau đó cho vào mỗi dung dịch một ít quỳ tím. Hỏi dung dịch có màu gì ? Tại sao ?

b) Trộn 250 ml dung dịch hỗn hợp gồm HCl 0,08M + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01M với 250 ml dung dịch NaOH aM, được 500 ml dung dịch có pH = 12. Tính a.

**Giải**

**a)**

- Dung dịch NaCl : Quỳ không đổi màu vì NaCl tạo bởi axit mạnh và bazơ mạnh
- Dung dịch NaHSO<sub>4</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, Cu(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> : Quỳ có màu đỏ vì các muối này bị thủy phân cho dung dịch có môi trường axit.



$$b) n_{H^+} = 0,25.0,08 + 2.0,25.0,01 = 0,025 \text{ (mol)}$$

Dung dịch thu được có pH = 12 > 7 → OH<sup>-</sup> còn, H<sup>+</sup> hết



$$0,025 \rightarrow 0,025$$

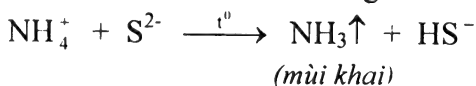
$$\Rightarrow [OH^-]_{\text{còn}} = \frac{0,25a - 0,025}{0,5} = 0,01 \Rightarrow a = 0,12M$$

**Ví dụ 5:** Có 5 lọ mất nhãn đựng một trong các dung dịch sau : NH<sub>4</sub>Cl, MgSO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, NaCl. Chỉ dùng thêm dung dịch K<sub>2</sub>S làm thuốc thử. Hãy trình bày phương pháp hoá học để phân biệt các dung dịch trên. Viết phương trình hoá học xảy ra (nếu có) dưới dạng ion thu gọn.

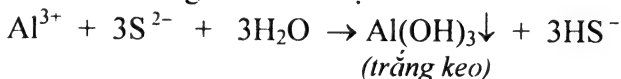
**Giải**

Cho dung dịch K<sub>2</sub>S tác dụng lần lượt với các dung dịch trên. Nhận ra :

- Dung dịch NH<sub>4</sub>Cl : Có khí thoát ra, mùi khai khi đun nóng.

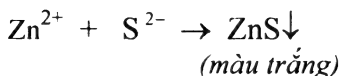
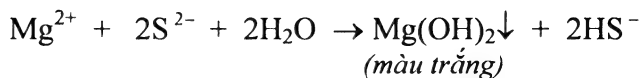


- Dung dịch AlCl<sub>3</sub> : Có kết tủa trắng keo xuất hiện

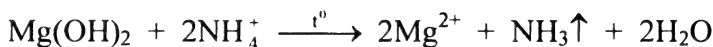


- Dung dịch NaCl : Không hiện tượng

- Dung dịch MgSO<sub>4</sub> và ZnCl<sub>2</sub> : Có kết tủa trắng xuất hiện



Lọc lấy kết tủa cho phản ứng với dung dịch  $\text{NH}_4\text{Cl}$  đun nóng. Kết tủa nào tan là  $\text{Mg}(\text{OH})_2 \rightarrow$  Dung dịch ban đầu là  $\text{MgSO}_4$ .



Dung dịch còn lại là  $\text{ZnCl}_2$ .

**Ví dụ 6:** Trộn 100ml dung dịch X gồm  $\text{KHCO}_3$  1M và  $\text{K}_2\text{CO}_3$  1M vào 100ml dung dịch Y gồm  $\text{NaHCO}_3$  1M và  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  1M thu được dung dịch Z. Nhỏ từ từ 100ml dung dịch A gồm  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M và  $\text{HCl}$  1M vào dung dịch Z thu được V lít  $\text{CO}_2$  (đktc). Tính giá trị của V.

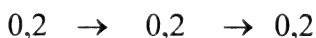
**Giải**

Dung dịch X và Y có cùng số mol  $\text{HCO}_3^-$  và  $\text{CO}_3^{2-} \Rightarrow$  Dung dịch Z chứa:  $\text{HCO}_3^-$ : 0,2 mol;  $\text{CO}_3^{2-}$ : 0,2 mol.

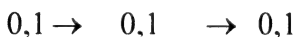
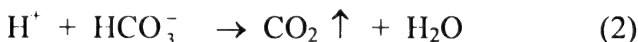
Dung dịch A chứa:  $\begin{cases} \text{HCl}: & 0,1(\text{mol}) \\ \text{H}_2\text{SO}_4: & 0,1(\text{mol}) \end{cases}$

$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{H}^+} = 0,1 + 0,2 = 0,3 \text{ mol}$$

Khi nhỏ từ từ dung dịch A vào dung dịch Z: Phản ứng xảy ra theo thứ tự:



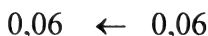
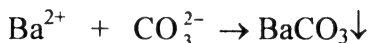
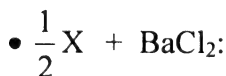
$$n_{\text{H}^+ \text{ dư}} = 0,3 - 0,2 = 0,1 \text{ mol}; \quad n_{\text{HCO}_3^-} = 0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ mol.}$$

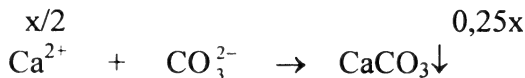
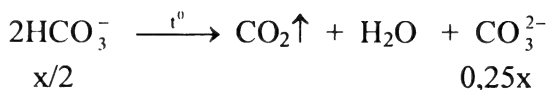
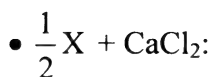


$$(2) \Rightarrow V_{\text{CO}_2} = 0,1.22,4 = 2,24 \text{ lít}$$

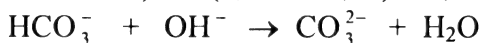
**Ví dụ 7:** Cho m gam  $\text{NaOH}$  vào 2 lít dung dịch  $\text{NaHCO}_3$  nồng độ a mol/l, thu được 2 lít dung dịch X. Lấy 1 lít dung dịch X tác dụng với dung dịch  $\text{BaCl}_2$  (dư) thu được 11,82 gam kết tủa. Mặt khác, cho 1 lít dung dịch X vào dung dịch  $\text{CaCl}_2$  (dư) rồi đun nóng, sau khi kết thúc các phản ứng thu được 7,0 gam kết tủa. Tính giá trị của a và m.

**Giải**





$$(0,25x + 0,06) \rightarrow (0,25x + 0,06) = 0,07 \Rightarrow x = 0,04 \text{ mol}$$



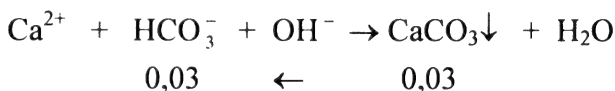
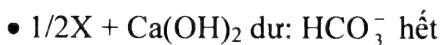
$$0,12 \leftarrow 0,12 \leftarrow 0,12$$

$$\Rightarrow \sum n_{HCO_3^-} = 0,12 + 0,04 = 0,16 \text{ mol} \Rightarrow a = 0,08 \text{ mol/l}$$

$$\Rightarrow m = 40.0,12 = 4,8 \text{ gam}$$

**Ví dụ 8:** Dung dịch X chứa các ion:  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $HCO_3^-$  và  $Cl^-$ , trong đó số mol của ion  $Cl^-$  là 0,1. Cho 1/2 dung dịch X phản ứng với dung dịch NaOH (dư), thu được 2 gam kết tủa. Cho 1/2 dung dịch X còn lại phản ứng với dung dịch  $Ca(OH)_2$  (dư), thu được 3 gam kết tủa. Mặt khác, nếu đun sôi đến cạn dung dịch X thì thu được m gam chất rắn khan. Tính giá trị của m.

**Giải**



$$0,03 \leftarrow 0,03$$

$$\Rightarrow n_{HCO_3^-}(X) = 0,06 \text{ mol}$$



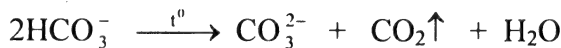
$$0,02 \leftarrow 0,02 \leftarrow 0,02$$

$$\Rightarrow n_{Ca^{2+}}(X) = 0,04 \text{ mol}$$

Theo ĐLBT điện tích:

$$2.0,04 + n_{Na^+} = 0,06 + 0,1 \rightarrow n_{Na^+} = 0,08 \text{ mol}$$

Khi đun sôi dung dịch X:



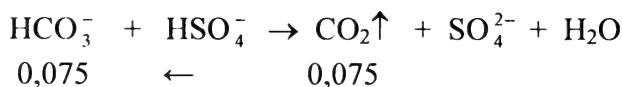
$$0,06 \rightarrow 0,03$$

$$\Rightarrow m = 40.0,04 + 23.0,08 + 35,5.0,1 + 60.0,03 = 8,79 \text{ gam}$$

**Ví dụ 9:** Dung dịch X chứa các ion:  $HCO_3^-$ ;  $Ba^{2+}$ ;  $Na^+$ ;  $Cl^-$ ; tổng số mol  $Na^+$  và  $Cl^-$  là 0,15 mol. Chia X thành hai phần bằng nhau. Cho phần 1 phản ứng với lượng dư dung dịch NaOH, kết thúc phản ứng thấy có 9,85 gam kết tủa xuất hiện. Cho dung dịch  $NaHSO_4$  tới dư vào phần 2, sinh ra 1,68 lít khí  $CO_2$  (đktc). Tính tổng khối lượng muối trong dung dịch X.

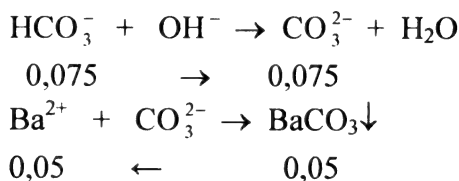
***Giải***

$$\bullet \frac{1}{2}X + \text{NaHSO}_4 : n_{\text{CO}_2} = \frac{1,68}{22,4} = 0,075 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{HCO}_3^-}(\text{X}) = 2.0,075 = 0,15 \text{ mol}$$

$$\bullet \frac{1}{2}X + \text{NaOH} : n_{\text{BaCO}_3} = \frac{9,85}{197} = 0,05 \text{ mol} < 0,075 \Rightarrow \text{Ba}^{2+} \text{ hết, } \text{CO}_3^{2-} \text{ còn}$$



$$\Rightarrow n_{\text{Ba}^{2+}}(\text{X}) = 2.0,05 = 0,1 \text{ mol}$$

Mặt khác :

$$n_{\text{Na}^+} + n_{\text{Cl}^-} = 0,15 \quad (1)$$

Theo định luật bảo toàn điện tích :

$$2n_{\text{Ba}^{2+}} + n_{\text{Na}^+} = n_{\text{HCO}_3^-} + n_{\text{Cl}^-} \Rightarrow n_{\text{Cl}^-} - n_{\text{Na}^+} = 2.0,1 - 0,15 = 0,05 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) :

$$n_{\text{Cl}^-} = 0,1 \text{ mol} ; n_{\text{Na}^+} = 0,05 \text{ mol}$$

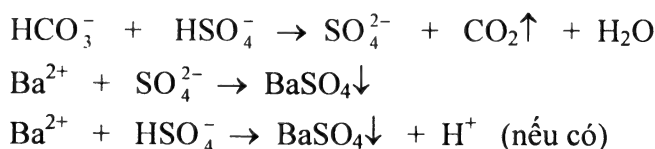
Khối lượng muối trong X là

$$137.0,1 + 61.0,15 + 35,5.0,1 + 23.0,05 = 27,55 \text{ gam}$$

**Ví dụ 10:** Dung dịch X chứa:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  và  $0,3 \text{ mol Cl}^-$ . Cho  $1/2X$  tác dụng với dung dịch  $\text{NaOH}$  dư, kết thúc phản ứng thu được 9,85 gam kết tủa. Mặt khác, cho lượng dư dung dịch  $\text{NaHSO}_4$  vào  $1/2X$  còn lại, sau phản ứng hoàn toàn thu được 17,475 gam kết tủa. Đun nóng toàn bộ lượng X trên tới phản ứng hoàn toàn, lọc bỏ kết tủa rồi cô cạn nước lọc thì thu được bao nhiêu gam muối khan ?

***Giải***

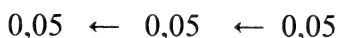
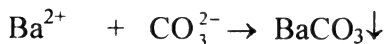
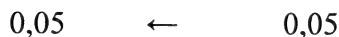
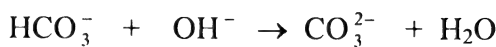
$$\bullet \frac{1}{2}X + \text{NaHSO}_4 \text{ dư} :$$



$$\Rightarrow n_{\text{Ba}^{2+}}(\text{X}) = 2n_{\text{BaSO}_4} = 2. \frac{17,475}{233} = 0,15 \text{ mol}$$



$$\bullet \frac{1}{2}X + \text{NaOH dư} : n_{\text{BaCO}_3} = \frac{9,85}{197} = 0,05 \text{ mol}$$

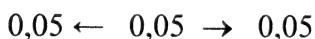
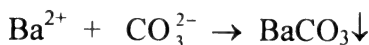
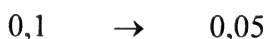
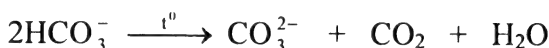


$$\Rightarrow n_{\text{HCO}_3^-}(\text{X}) = 2.0,05 = 0,1 \text{ mol}$$

Theo định luật bảo toàn điện tích :

$$2n_{\text{Ba}^{2+}} + n_{\text{Na}^+} = n_{\text{HCO}_3^-} + n_{\text{Cl}^-} \Rightarrow n_{\text{Na}^+} = 0,1 + 0,3 - 2.0,15 = 0,1 \text{ mol}$$

Đun nóng X:



$$\Rightarrow n_{\text{Ba}^{2+}} \text{ còn} = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ mol}$$

Dung dịch nước lọc chứa  $\text{BaCl}_2$  và  $\text{NaCl}$ .

$$\Rightarrow m_{\text{muối}} = m_{\text{BaCl}_2} + m_{\text{NaCl}} = 208.0,1 + 58,5.0,1 = 26,65 \text{ gam}$$

**Ví dụ 11:** Dung dịch X gồm 0,1 mol  $\text{H}^+$ , z mol  $\text{Al}^{3+}$ , t mol  $\text{NO}_3^-$  và 0,02 mol  $\text{SO}_4^{2-}$ . Cho 120 ml dung dịch Y gồm  $\text{KOH}$  1,2M và  $\text{Ba(OH)}_2$  0,1M vào X, sau khi các phản ứng kết thúc, thu được 3,732 gam kết tủa. Tính giá trị của z và t.

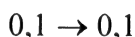
**Giải**

Áp dụng định luật bảo toàn điện tích ta có :  $0,1 + 3z = t + 0,04$

$$n_{\text{Ba}^{2+}} = 0,012 < n_{\text{SO}_4^{2-}} = 0,02 \rightarrow n_{\text{BaSO}_4} = 0,012 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{BaSO}_4} = 2,796 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow m_{\text{Al(OH)}_3} = 3,732 - 2,796 = 0,936 \text{ gam} \rightarrow n_{\text{Al(OH)}_3} = 0,012 \text{ mol.}$$

$$\Sigma n_{\text{OH}^-}(\text{Y}) = 1,2.0,12 + 2.0,1.0,12 = 0,168 \text{ (mol)}$$



$$\Rightarrow \text{Số mol OH}^- \text{ dùng để phản ứng với Al}^{3+} = 0,168 - 0,1 = 0,068 \text{ (mol)} > n_{\text{OH}^-}(\text{trong kết tủa}) = 3.0,012 = 0,036 \text{ (mol)} \Rightarrow \text{Số mol OH}^- \text{ trong } [\text{Al(OH)}_4]^- = 0,068 - 0,036 = 0,032 \text{ (mol)}$$

$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{Al}^{3+}} = 0,012 + \frac{0,032}{4} = 0,02 \text{ (mol)} = z \Rightarrow t = 0,12 \text{ (mol)}$$

**Ví dụ 12:** Dung dịch X chứa các ion:  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NH}_4^+$  và  $\text{Cl}^-$ .

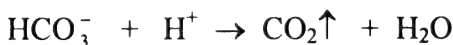
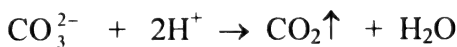
Chia X thành hai phần bằng nhau. Phần 1 phản ứng vừa đủ với 350 ml dung dịch HCl 1M, sinh ra 4,48 lít  $\text{CO}_2$  (đktc). Cho phần 2 tác dụng vừa đủ với dung dịch  $\text{BaCl}_2$  thu được dung dịch Y và 52,85 gam kết tủa. Cô cạn Y rồi nung đến khối lượng không đổi, còn lại 31,59 gam một muối duy nhất.

- a) Tính thể tích dung dịch  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  1M tối thiểu cần dùng để phản ứng hết với dung dịch X.  
b) Tính nồng độ mol các ion trong X. Coi thể tích dung dịch X ban đầu là 500 ml.

**Giải**

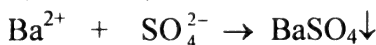
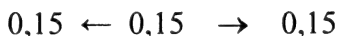
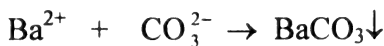
a)

$$\bullet \frac{1}{2} X + \text{HCl} : n_{\text{HCl}} = n_{\text{H}^+} = 0,35 \text{ mol} ; n_{\text{CO}_2} = \frac{4,48}{22,4} = 0,2 \text{ mol}$$



$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} 2x + y = 0,35 \\ x + y = 0,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,05 \end{cases}$$

$$\bullet \frac{1}{2} X + \text{BaCl}_2 :$$



$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = 197.0,15 + 233z = 52,85 \Rightarrow z = 0,1 \text{ mol}$$

Dung dịch Y chứa :  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  và  $\text{NH}_4^+$ . Khi cô cạn Y rồi nung đến khối lượng không đổi còn lại một muối duy nhất  $\Rightarrow$  Đó là muối NaCl rất bền với nhiệt, không bị phân tích khi đun nóng.

Gọi t là số mol  $\text{Cl}^-$  chứa trong 1/2X. Ta có :

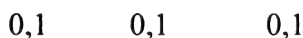
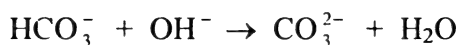
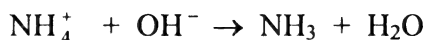
$$\Rightarrow n_{\text{Na}^+} = n_{\text{Cl}^-} = t + 0,5 = \frac{31,59}{58,5} = 0,54$$

$$\Rightarrow t = 0,04 \text{ mol} ; n_{\text{NH}_4^+} = n_{\text{HCO}_3^-} = 0,05 \text{ mol}$$

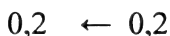
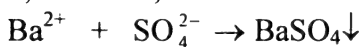
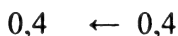
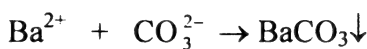


Dung dịch X chứa : 0,08 mol  $\text{Cl}^-$ , 1,08 mol  $\text{Na}^+$ , 0,2 mol  $\text{SO}_4^{2-}$ , 0,3 mol  $\text{CO}_3^{2-}$ , 0,1 mol  $\text{HCO}_3^-$  và 0,1 mol  $\text{NH}_4^+$

•  $X + \text{Ba}(\text{OH})_2$  :



$$\Rightarrow \sum n_{\text{CO}_3^{2-}} = 0,1 + 0,3 = 0,4 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = n_{\text{Ba}^{2+}} = 0,6 \text{ mol} \Rightarrow V_{\text{dd Ba}(\text{OH})_2} = \frac{0,6}{1} = 0,6 \text{ lít}$$

b) Nồng độ mol các ion trong X :

$$[\text{Na}^+] = \frac{1,08}{0,5} = 2,16 \text{ M} ; [\text{NH}_4^+] = \frac{0,1}{0,5} = 0,2 \text{ M} = [\text{HCO}_3^-]$$

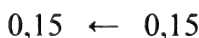
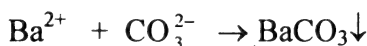
$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{0,2}{0,5} = 0,4 \text{ M} ; [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{0,3}{0,5} = 0,6 \text{ M} ;$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{0,08}{0,5} = 0,16 \text{ M}$$

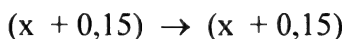
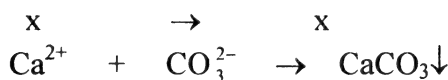
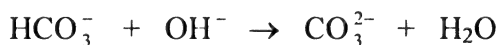
**Ví dụ 13:** Hỗn hợp X chứa  $\text{NaHCO}_3$  và  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Cho m gam X vào dung dịch  $\text{BaCl}_2$  (dư), kết thúc phản ứng thu được 29,55 gam kết tủa. Mặt khác, cũng m gam X trên phản ứng với lượng dư dung dịch  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , sinh ra tối đa 20 gam kết tủa. Tính m.

**Giải**

$$\bullet X + \text{BaCl}_2 : n_{\text{BaCO}_3} = \frac{29,55}{197} = 0,15 \text{ mol}$$



$$\bullet X + \text{Ca}(\text{OH})_2 : n_{\text{CaCO}_3} = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{CaCO}_3} = x + 0,15 = 0,2 \Rightarrow x = 0,05 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 84.0,05 + 106.0,15 = 20,1 \text{ gam}$$

**Ví dụ 14:** Dung dịch X chứa HCl 0,1M và H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05M. Dung dịch Y chứa NaOH aM và Ba(OH)<sub>2</sub> bM. Cho 100 ml dung dịch X vào 100 ml dung dịch Y thu được dung dịch Z và 1,0485 gam kết tủa. Cho Z tác dụng với dung dịch Ba(HSO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dư, xuất hiện 0,9845 kết tủa. Tính giá trị của a và b.

**Giải**

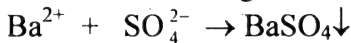
$$n_{H^+} = n_{HCl} + 2n_{H_2SO_4} = 0,1.0,1 + 2.0,05.0,1 = 0,02 \text{ mol};$$

$$n_{SO_4^{2-}} = n_{H_2SO_4} = 0,05.0,1 = 0,005 \text{ mol}$$

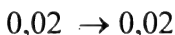
$$n_{OH^-} = n_{NaOH} + 2n_{Ba(OH)_2} = (0,1a + 0,2b) \text{ mol}; \quad n_{Ba^{2+}} = n_{Ba(OH)_2} = 0,1b \text{ mol}$$

$$n_{BaSO_4} = \frac{1,0485}{233} = 0,0045 \text{ mol} < n_{SO_4^{2-}} = 0,005 \text{ mol} \Rightarrow Ba^{2+} \text{ hết, } SO_4^{2-} \text{ còn}$$

• X + Y : Có phản ứng giữa các ion đối kháng.



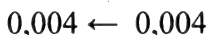
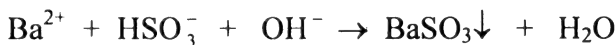
$$\Rightarrow 0,1b = 0,0045 \Rightarrow b = 0,045M$$



Ở đây OH<sup>-</sup> còn dư vì Z tác dụng với Ba(HSO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> dư, luôn sinh ra kết tủa BaSO<sub>4</sub>:  
0,005 - 0,0045 = 0,0005 mol

Ứng với  $m_{BaSO_4} = 233.0,00005 = 0,1165 \text{ gam} < 0,9845 \text{ gam}$  nên có thêm kết tủa

$$BaSO_3 : \frac{0,9845 - 0,1165}{217} = 0,004 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow 0,1a + 0,2.0,045 = 0,004 + 0,02 \Rightarrow a = 0,15M$$

**Ví dụ 15:** a) Tính độ điện li của dung dịch CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub> 0,010M.

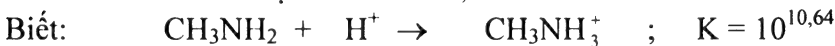
b) Độ điện li thay đổi ra sao khi:

- Pha loãng dung dịch ra 50 lần.

- Khi có mặt NaOH 0,0010M.

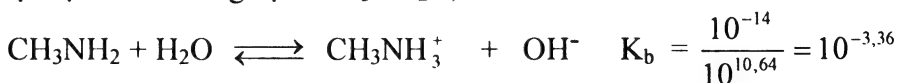
- Khi có mặt CH<sub>3</sub>COOH 0,0010M.

- Khi có mặt HCOONa 1,00M.



**Giải**

a) Tính độ điện li của dung dịch CH<sub>3</sub>NH<sub>2</sub> 0,010M:



Ban đầu: 0,01

Cân bằng: 0,01 - x

x

x

$$K_b = \frac{x^2}{0,01 - x} = 10^{-3,36} \Rightarrow x = 1,88 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \alpha = \frac{1,88 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} \cdot 100 = 18,8\%$$

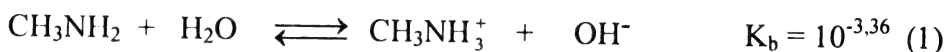
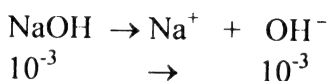
b) Độ điện li thay đổi ra sao khi

- Pha loãng dung dịch ra 50 lần:

$$C_{\text{CH}_3\text{NH}_2} = \frac{10^{-2}}{50} = 2 \cdot 10^{-4} \Rightarrow \frac{x^2}{2 \cdot 10^{-4} - x} = 10^{-3,36} \Rightarrow x = 1,49 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{1,49 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 10^{-4}} \cdot 100 = 74,5\%$$

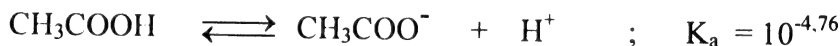
- Khi có mặt NaOH 0,0010M:



$$\frac{x(10^{-3} + x)}{0,01 - x} = 10^{-3,36} \Rightarrow x = 1,49 \cdot 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \alpha = \frac{1,49 \cdot 10^{-3} \cdot 100}{0,01} = 14,9\%$$

$\alpha$  giảm vì  $\text{OH}^-$  của NaOH làm chuyển dịch cân bằng (1) sang trái.

- Khi có mặt  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,0010M:



K rất lớn, phản ứng xảy ra hoàn toàn

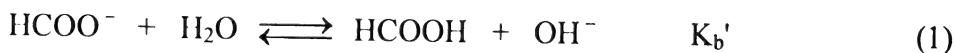
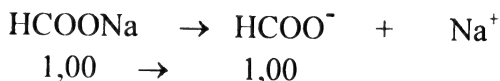
$$\Rightarrow C_{\text{CH}_3\text{NH}_3^+} = C_{\text{CH}_3\text{COOH}} = 10^{-3} \text{ M} ; C_{\text{CH}_3\text{NH}_2} = 9 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

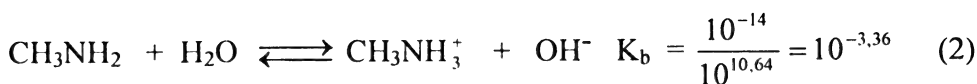


$$\frac{x(10^{-3} + x)}{9 \cdot 10^{-3} - x} = 10^{-3,36} \Rightarrow x = 1,39 \cdot 10^{-3} \text{ M} \Rightarrow \alpha = \frac{10^{-3} + 1,39 \cdot 10^{-3}}{10^{-2}} \cdot 100 = 23,9\%$$

$\alpha$  tăng vì  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  tương tác với  $\text{CH}_3\text{COOH}$ .

- Khi có mặt  $\text{HCOONa}$  1,00M:





$$K_{a\text{HCOOH}} > K_{a\text{CH}_3\text{COOH}} (=10^{-4,76}) \text{ nên } K_b' < \frac{10^{-14}}{10^{-4,76}} = 10^{-9,24} \ll K_b (=10^{-3,36}).$$

Vậy cân bằng (1) không ảnh hưởng gì đến cân bằng (2) và do đó độ điện li  $\alpha$  của  $\text{CH}_3\text{NH}_2$  không thay đổi khi có mặt  $\text{HCOONa}$ .

## II. ĐIỆN CỰC CÁC LOẠI ĐIỆN CỰC - ĐIỀU KIỆN CHUẨN CỦA CÁC LOẠI ĐIỆN CỰC

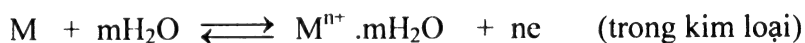
### 1. Điện cực

**a) Khái niệm:** Điện cực là một hệ gồm một thanh kim loại, hoặc thanh kim loại phủ muối của nó được nhúng vào dung dịch có chứa ion kim loại đó hoặc một thanh kim loại trơ mà trên đó được phủ muối của kim loại bão hoà, hoặc một chất khí nhúng vào dung dịch chứa ion kim loại đó.

### b) Các loại điện cực

#### • Điện cực kim loại

Khi nhúng một thanh kim loại vào nước thì do tác dụng của các phân tử có cực của nước, các ion kim loại bị tách ra khỏi bề mặt kim loại tạo thành ion hidrat hoá, còn các electron ở lại trong thanh kim loại. Tuy nhiên quá trình này bị ngừng ngay vì điện tích trong kim loại và dung dịch là khác dấu. Kết quả tạo nên cân bằng động sau:



M - kí hiệu nguyên tử kim loại trong kim loại rắn;  $\text{M}^{n+} \cdot m\text{H}_2\text{O}$  - ion kim loại hidrat hoá.

Nếu hoà tan một lượng muối kim loại chứa  $\text{M}^{n+}$  vào nước thì cân bằng sẽ bị chuyển dịch từ phải sang trái, nghĩa là số ion  $\text{M}^{n+}$  trở lại vào thanh kim loại. Vậy cân bằng trên vẫn được thiết lập khi nhúng kim loại vào dung dịch muối của nó và khi đó ta có một *điện cực kim loại*.

Ở ranh giới kim loại và dung dịch của điện cực có một lớp điện tích kép, do đó sinh ra một *hiệu số điện thế* giữa chúng. Giá trị của hiệu số điện thế này phụ thuộc vào bản chất của kim loại, bản chất của dung môi, nồng độ ion  $\text{M}^{n+}$  và nhiệt độ, nghĩa là phụ thuộc vào lớp điện tích kép trên.

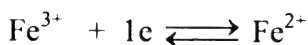
#### • Điện cực trơ nhúng trong dung dịch có chứa cặp oxi hoá - khử

Điện cực trơ: Là điện cực mà ion của nó không thể chuyển vào dung dịch, đó là điện cực làm từ các kim loại rất bền về mặt hoá học như platin, vàng, ...

Khi nhúng Pt vào dung dịch chứa cặp oxi hoá - khử chẳng hạn như dung dịch  $\text{FeCl}_2 - \text{FeCl}_3$  thì ion  $\text{Fe}^{3+}$  sẽ lấy electron của Pt theo phương trình:



Thanh Pt lúc này sẽ tích điện dương, còn dung dịch chứa ion  $\text{Cl}^-$  sẽ tích điện âm. Chính điện tích dương trên thanh sẽ ngăn cản không cho  $\text{Fe}^{3+}$  đến tiếp tục lấy electron. Mặt khác thanh Pt sẽ lấy electron của  $\text{Fe}^{2+}$ . Kết quả lập thành cân bằng động:

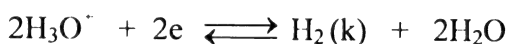


Vậy giữa kim loại và dung dịch chứa cặp oxi hoá - khử sẽ lập nên một điện cực. Kí hiệu:  $\text{Pt} \mid \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+}$

- Điện cực khí

Là điện cực tiếp xúc với không khí và dung dịch chứa dạng oxi hoá hoặc dạng khử của nó. Vật liệu dùng làm điện cực phải không được chuyển ion của nó vào dung dịch và không tác dụng hoá học với khí nhưng có khả năng hấp thụ khí và xúc tác cho phản ứng.

*Ví dụ:* Điện cực hidro làm bằng platin có phủ lớp muối Pt có khả năng hấp thụ một lượng lớn khí  $\text{H}_2$ , được nhúng vào dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (chứa  $\text{H}_3\text{O}^+$  dạng oxi hoá của  $\text{H}_2$ ) có cân bằng:



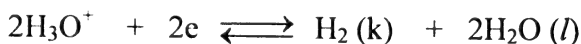
Vậy giữa điện cực và dung dịch xuất hiện một hiệu số điện thế tương tự như hai điện cực đã xét ở trên.

- Điện cực chuẩn hidro

Vì không thể xác định được giá trị tuyệt đối của hiệu số điện thế giữa điện cực và dung dịch, nên phải qui ước lấy một điện cực nào đó làm chuẩn và gán cho nó một giá trị hiệu số điện thế. Người ta qui ước lấy điện cực chuẩn hidro làm chuẩn. Đó là điện cực khí được mô tả ở trên với những điều kiện sau:

- Áp suất (chính xác hơn là hoạt áp) của  $\text{H}_2$  khí bằng 1 atm.
- Nồng độ (chính xác hơn là hoạt độ) của  $\text{H}_3\text{O}^+$  bằng 1 mol/l

Trong điều kiện như vậy, hiệu số điện thế của điện cực với dung dịch ở nhiệt độ bất kì được quy ước bằng 0,00 V và được kí hiệu  $E_{\text{H}_3\text{O}^+/\text{H}_2}^0 = 0,00\text{V}$ , nghĩa là hiệu số điện thế này ứng với quá trình cân bằng ở điện cực như sau:

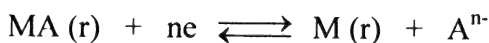


Giá trị hiệu số điện thế này bây giờ gọi là *thế điện cực chuẩn của hidro hoặc thế khử chuẩn của hidro*.

- Điện cực kim loại và muối khó tan của nó

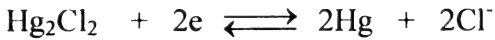
Là hệ gồm kim loại phủ muối khó tan của nó nhúng vào dung dịch chứa anion của muối khó tan trên. Kí hiệu:  $\text{M}, \text{MA} \mid \text{A}^{n-}$  hoặc  $\text{A}^{n-} \mid \text{MA}, \text{M}$

Tồn tại cân bằng:



*Ví dụ:*  $\text{Ag}, \text{AgCl} \mid \text{Cl}^-$ , điện cực calomen:  $\text{Pt}, \text{Hg}, \text{Hg}_2\text{Cl}_2 \mid \text{Cl}^-$

- Điện cực calomem bão hoà: Là điện cực gồm có thanh Pt phủ một lớp Hg,  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2$  (là một muối ít tan của Hg) nhúng vào dung dịch KCl bão hoà. Do trong dung dịch KCl bão hoà  $[\text{Cl}^-]$  coi như không đổi  $\Rightarrow [\text{Hg}^{2+}]$  cũng coi như không đổi. Chính vì vậy thế điện cực của điện cực calomem bão hoà cũng coi như không đổi và bằng 0,244 V. Do đó, cũng giống như điện cực hydro tiêu chuẩn, điện cực calomem bão hoà cũng được dùng như điện cực chuẩn hydro để xác định thế điện cực của các cặp oxi hoá - khử khác (tuy ít được dùng hơn).



## 2. Điều kiện chuẩn của các loại điện cực

- Một điện cực được coi là ở điều kiện chuẩn khi:
  - Nồng độ của ion hoặc phân tử tham gia phản ứng ở điện cực là 1M. Nếu là chất khí thì áp suất 1 atm.
  - Nhiệt độ là  $25^\circ\text{C}$  ( $298^\circ\text{K}$ )
- Ý nghĩa của thế điện cực chuẩn:
  - Thế điện cực chuẩn càng âm thì dạng khử của nó có tính khử càng mạnh, còn dạng oxi hoá của nó có tính oxi hoá càng yếu và ngược lại nếu thế điện cực chuẩn càng dương thì dạng khử của nó có tính khử càng yếu và dạng oxi hoá có tính oxi hoá càng mạnh.

*Ví dụ:*  $E_{\text{Al}^{3+}/\text{Al}}^0 = -1,66 \text{ V} < E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,76 \text{ V}$

$\Rightarrow$  Tính khử:  $\text{Al} > \text{Zn}$  và tính oxi hóa  $\text{Zn}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ .

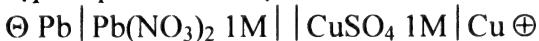
- Dựa vào thế điện cực chuẩn để xác định suất điện động của một pin được thành lập từ hai điện cực đã biết suất điện động.

*Ví dụ:* Xét pin Pb-Cu ở điều kiện chuẩn.

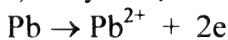
Vì  $E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = -0,13 \text{ V} < E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34 \text{ V}$  nên cực Cu là cực dương (catot) và

Pb là cực âm (anot).

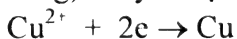
Có thể thiết lập đồ pin ở điều kiện chuẩn:



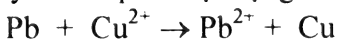
Ở anot (cực âm): Xảy ra sự oxi hoá Pb



Ở catot (cực dương): Xảy ra sự khử  $\text{Cu}^{2+}$



Phản ứng xảy ra khi pin hoạt động là



Suất điện động chuẩn của Pin Pb-Cu:

$$E_{\text{Pb-Cu}}^0 = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 - E_{\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}}^0 = 0,34 - (-0,13) = 0,47 \text{ V}$$

*Chú ý:* - Trong pin điện hoá điện cực nào có thế điện cực lớn hơn đóng vai trò là cực dương (catot) tại đây xảy ra sự khử, cực có thế điện cực bé hơn đóng vai trò là cực âm (anot) tại đây xảy ra sự oxi hoá.



- Dựa vào thế điện cực chuẩn người ta có thể xác định được độ biến thiên năng lượng tự do  $\Delta G^0$  theo phương trình:

$$\Delta G^0 = - nFE^0$$

Trong đó: n: số electron trao đổi trong phản ứng oxi hoá - khử

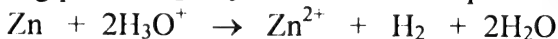
F: hằng số Faraday

Vì phản ứng xảy ra khi  $\Delta G^0 < 0 \Leftrightarrow E^0 > 0$  cho nên dựa vào thế điện cực chuẩn người ta có thể xác định được chiều phản ứng oxi hoá - khử xảy ra tại điều kiện xác định. Chẳng hạn, dựa vào bảng thế oxi hoá - khử của kim loại ta có thể thấy những kim loại nào có thế điện cực chuẩn âm có thể tan trong dung dịch  $H^+$  giải phóng  $H_2$ .

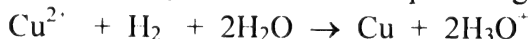
### 3. Cách xác định thế điện cực và thế điện cực chuẩn

Muốn xác định thế điện cực của một điện cực nào đó, người ta ghép điện cực đó với điện cực hydro tiêu chuẩn thành một pin, suất điện động của pin đó trên von kế chính là thế điện cực tương đối của điện cực trở đó. Nhưng vấn đề đặt ra ở đây là khi viết như vậy thì chất nào là chất tham gia và chất nào là chất sản phẩm.

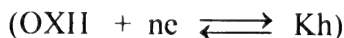
Chẳng hạn trong pin  $Pt, H_2 | H_3O^+ || Zn^{2+} | Zn$  thì phản ứng tạo dòng là:



Còn trong pin,  $Pt, H_2 | H_3O^+ || Cu^{2+} | Cu$  thì phản ứng tạo dòng là:



Theo qui ước quốc tế Stockholm năm 1968, phản ứng xảy ra ở điện cực cần khảo sát thế điện cực phải là phản ứng khử:

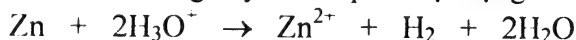


Chính vì vậy, thế điện cực của một cặp oxi hoá - khử còn được gọi là thế khử. Như vậy độ lớn của thế điện cực chính là suất điện động của pin gồm điện cực hydro chuẩn ghi bên trái và điện cực cần khảo sát ghi bên phải. Suất điện động được coi là dương nếu dòng điện trong pin đi từ trái qua phải (và ngược lại dòng electron đi từ phải qua trái), ngược lại sẽ âm.

Vậy muốn đo thế khử của một điện cực nào đó, chẳng hạn như điện cực Zn thì ta phải thiết lập một pin gồm điện cực hydro chuẩn ghi bên trái và điện cực Zn ghi bên phải, sau đó đo suất điện động của pin này:



Thực nghiệm cho thấy nếu  $a_{Zn^{2+}} = 1$  thì hiệu số điện thế giữa hai điện cực là 0,76 V và dòng điện trong pin đi từ phải qua trái  $\Rightarrow$  thế điện cực cân bằng của Zn bằng - 0,76V. Dấu trừ chứng tỏ điện cực Zn tích điện âm hơn so với điện cực hydro chuẩn (dư electron hơn). Điều đó cũng có nghĩa kim loại Zn có tính khử mạnh hơn  $H_2$ . Phản ứng xảy ra khi pin hoạt động:



- Cách xác định thế điện cực chuẩn: Thế điện cực tiêu chuẩn của một cặp oxi hoá - khử (điện thế khử tiêu chuẩn) là suất điện động của pin tạo bởi điện cực hydro chuẩn ghi bên trái và điện cực cần khảo sát ghi bên phải, trong đó hoạt độ của mỗi dạng đều bằng 1 (nếu một trong hai dạng oxi hoá hoặc khử là chất rắn thì hiển nhiên hoạt độ của dạng đó bằng 1).

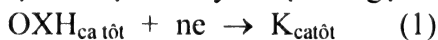
### III. KHÁI NIỆM PIN - MỘT SỐ THUẬT NGỮ VÀ KÍ HIỆU CHO HỆ ĐIỆN HOÁ THEO QUI ƯỚC IUPAC - NGUYÊN TẮC HOẠT ĐỘNG CỦA PIN

1. **Khái niệm pin:** Là hệ gồm hai điện cực (là hai vật dẫn loại 1, tức là loại dẫn electron) tiếp xúc với dung dịch chất điện li hoặc chất điện li nóng chảy (vật dẫn loại 2, tức là loại dẫn điện nhờ ion) được nối với nhau bằng một cầu nối.  
*Ví dụ:* pin Daniel - Jacobi gồm một điện cực là thanh Zn nhúng trong dung dịch  $ZnSO_4$  và một điện cực là thanh Cu nhúng trong dung dịch  $CuSO_4$ . Hai dung dịch này nối với nhau bằng một cầu muối chứa dung dịch KCl bão hoà. Khi ta nối hai điện cực lại bằng một dây dẫn thấy có một dòng điện chạy từ Cu sang Zn trong thời gian dài.

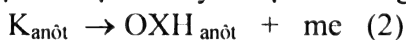
#### 2. Một số thuật ngữ cho hệ điện hoá theo qui ước IUPAC

##### a) Khái niệm về catốt và anốt

- Điện cực mà tại đó xảy ra sự khử gọi là catốt (cực dương)



- Điện cực mà tại đó xảy ra sự ôxi hóa gọi là anốt (cực âm).



##### b) Tế bào điện hoá - Tế bào điện phân và tế bào Galvani

- Một hệ gồm hai điện cực được nhúng vào dung dịch điện li gọi là hệ điện hoá (hay tế bào điện hoá). Nếu hệ sinh ra dòng điện thì được gọi là pin hay tế bào Galvani. Nếu hệ được nối với nguồn điện bên ngoài và cho phép thực hiện một phản ứng hoá học thì được gọi là hệ điện phân (tế bào điện phân).
- Trong tế bào Galvani, dòng electron chạy từ anốt theo dây dẫn sang catốt theo qui ước, dòng điện chạy từ catốt sang anốt. Khi đó, điện thế của catốt dương hơn so với điện thế của anốt. Nghĩa là catốt là cực dương, anốt là cực âm của tế bào Galvani.

Suất điện động của tế bào Galvani là hiệu điện thế cực đại giữa catốt và anốt và có trị số dương:

$$E = E_{\text{catốt}} - E_{\text{anốt}} > 0$$

- Theo công ước của Hiệp hội quốc tế hoá học lý thuyết và ứng dụng IUPAC họp năm 1968 tại Stockholm, một hệ điện hoá bất kì nào cũng được kí hiệu như sau:

Bề mặt phân chia hai pha được kí hiệu bằng một vạch thẳng đứng ( $|$ ).

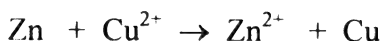
Nếu giữa hai dung dịch không có khuếch tán (là thể sinh ra trên ranh giới phân chia hai dung dịch do có sự khác nhau về bản chất của chất điện li hay khác nhau về nồng độ) thì được kí hiệu bằng hai gạch thẳng đứng ( $||$ ). Còn nếu có thể khuếch tán thì dùng kí hiệu ( $|$ ).

Nếu điện cực (hoặc dung dịch) gồm nhiều chất thì giữa các chất có dấu phẩy.

### 3. Nguyên tắc hoạt động của pin:

- Trong phản ứng oxi hoá - khử bình thường, electron chuyển trực tiếp từ chất khử sang chất oxi hoá và năng lượng của phản ứng biến thành nhiệt.

Ví dụ: Nhúng thanh Zn vào dung dịch  $\text{CuSO}_4$  ion  $\text{Cu}^{2+}$  trực tiếp nhận electron từ thanh Zn:



và năng lượng thoát ra ở dạng nhiệt ( $\Delta H = -230,12 \text{ kJ.mol}^{-1}$ )

- Nếu chúng ta thực hiện sự oxi hoá Zn ở một nơi, sự khử  $\text{Cu}^{2+}$  ở một nơi khác và cho electron chuyển từ Zn sang ion  $\text{Cu}^{2+}$  qua một dây dẫn nghĩa là cho dòng electron chuyển động theo một dòng duy nhất thì năng lượng của các phản ứng này biến thành điện đó là quá trình xảy ra trong pin.

Vậy muốn thành lập một pin ta phải thực hiện sự oxi hoá và sự khử ở hai điện cực khác nhau. Sau đó nối hai điện cực lại với nhau để cho electron được chuyển từ chất khử sang chất oxi hoá qua dây dẫn này. Đây là nguyên tắc hoạt động của mọi pin.

### 4. Suất điện động của pin

Là giá trị của hiệu số điện thế lớn nhất giữa hai điện cực của pin. Nó được tính theo công thức:

$$E_{\text{pin}} = E_+ - E_- = E_{\text{catôt}} - E_{\text{anôt}}$$

Vì thế khử của điện cực dương luôn luôn lớn hơn thế khử của điện cực âm nên suất điện động của pin luôn dương. Nếu pin được tạo ra bởi hai điện cực chuẩn thì suất điện động chuẩn của pin là:

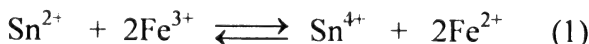
$$E^0 = E_+^0 - E_-^0 = E_{\text{catôt}}^0 - E_{\text{anôt}}^0$$

## IV. PHƯƠNG TRÌNH NERNST (NEC)

### 1. Phương trình Nernst

Xét ví dụ pin sau:  $\ominus \text{Pt} | \text{Sn}^{4+}, \text{Sn}^{2+} || \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} | \text{Pt} \oplus$

Phản ứng xảy ra trong pin là



Giả sử pin làm việc một cách thuận nghịch, nhiệt động học ở áp suất và nhiệt độ không đổi thì biến thiên entanpi tự do của hệ bằng công có ích lớn nhất mà pin thể hiện:

$$\Delta G = -nFE \Rightarrow E = -\frac{\Delta G}{nF}$$

$n$  - số electron trao đổi giữa chất khử và chất oxi hoá trong phản ứng (ở đây theo phản ứng (1) thì  $n = 2$ );  $F$  - hằng số Faraday,  $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$ ;  $E$  - suất điện động của pin, V.

Nếu pin được cấu tạo bởi hai điện cực chuẩn thì:

$$\Delta G^0 = -nFE^0 \Rightarrow E^0 = -\frac{\Delta G^0}{nF}$$

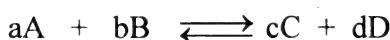
Mặt khác:  $\Delta G = \Delta G^0 + RT \ln \frac{C_{Sn^{4+}} \cdot C_{Fe^{2+}}^2}{C_{Sn^{2+}} \cdot C_{Fe^{3+}}^2}$

Chia cả hai vế cho  $-nF$  ta được:

$$-\frac{\Delta G}{nF} = -\frac{\Delta G^0}{nF} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Sn^{4+}} \cdot C_{Fe^{2+}}^2}{C_{Sn^{2+}} \cdot C_{Fe^{3+}}^2}$$

$$\Rightarrow E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Sn^{2+}} \cdot C_{Fe^{3+}}^2}{C_{Sn^{4+}} \cdot C_{Fe^{2+}}^2}$$

Một cách tổng quát, nếu phản ứng xảy ra trong pin như sau:



A, B, C, D là những chất tan trong dung dịch (có thể dưới dạng ion) thì:

$$E = E^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_A^a \cdot C_B^b}{C_C^c \cdot C_D^d} \quad (2)$$

Nếu  $T = 298 \text{ K}$  thì:

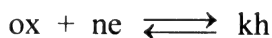
$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_A^a \cdot C_B^b}{C_C^c \cdot C_D^d} \quad (3)$$

(2) và (3) là công thức Nernst về ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ đến suất điện động của pin.

## 2. Các yếu tố ảnh hưởng đến thế khử

$$\begin{aligned} (1) \Rightarrow E &= E_+ - E_- = (E_+^0 - E_-^0) + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Sn^{4+}}}{C_{Sn^{2+}}} - \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Fe^{3+}}^2}{C_{Fe^{2+}}^2} \\ &= (E_+^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Sn^{4+}}}{C_{Sn^{2+}}}) - (E_-^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Fe^{3+}}^2}{C_{Fe^{2+}}^2}) \\ \Rightarrow E_+ &= E_+^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Sn^{4+}}}{C_{Sn^{2+}}} \text{ và } E_- = E_-^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{Fe^{3+}}^2}{C_{Fe^{2+}}^2} \end{aligned}$$

Trường hợp tổng quát của một cặp oxi hoá - khử:

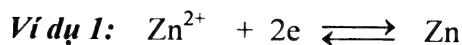


$$\Rightarrow E_{ox/kh} = E_{ox/kh}^0 + \frac{RT}{nF} \ln \frac{C_{ox}}{C_{kh}} \quad (4)$$

Ở 25<sup>0</sup> công thức trên trở thành:

$$E = E^0 + \frac{0,059}{n} \lg \frac{C_{ox}}{C_{kh}} \quad (5)$$

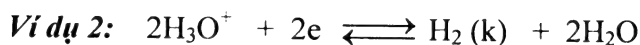
(5) là công thức Nernst biểu thị ảnh hưởng của nhiệt độ và nồng độ đến thế khử của cặp oxi hoá khử.



Công thức Nernst có dạng (ở 25°C):

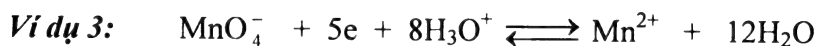
$$E = E^0 + \frac{0,059}{2} \lg C_{\text{Zn}^{2+}}$$

Zn là chất rắn nên nồng độ của nó không có mặt trong công thức tính.



$$E = E^0 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{C_{\text{H}_3\text{O}^+}}{P_{\text{H}_2}}$$

$P_{\text{H}_2}$  - áp suất riêng phần của hydro (atm) vì  $\text{H}_2$  là chất khí.



$$E = E^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C_{\text{MnO}_4^-} \cdot C_{\text{H}_3\text{O}^+}^8}{C_{\text{Mn}^{2+}}}$$

Trong trường hợp này  $[\text{ox}] = C_{\text{MnO}_4^-} \cdot C_{\text{H}_3\text{O}^+}^8$ , vì tham gia phản ứng điện cực ngoài dạng oxi hoá  $\text{MnO}_4^-$  còn có cả  $8\text{H}_3\text{O}^+$ .

### 3. Chiều của phản ứng oxi hoá - khử

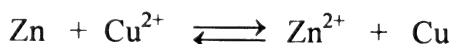
Chiều của phản ứng oxi hoá - khử được xét dựa vào công thức sau:

$$\Delta G = -nFE$$

$$\Delta G < 0 \text{ khi } E = E_{\text{ox}} - E_{\text{kh}} > 0 \Rightarrow E_{\text{ox}} > E_{\text{kh}}$$

Nếu phản ứng thực hiện ở điều kiện chuẩn thì  $E_{\text{ox}}^0 > E_{\text{kh}}^0$

**Ví dụ:** Xét phản ứng ở điều kiện chuẩn:



Vì  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34\text{V} > E_{\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}}^0 = -0,76\text{V} \Rightarrow$  Phản ứng xảy ra theo chiều thuận.

### 4. Trạng thái cân bằng của phản ứng oxi hoá - khử

Khi phản ứng đạt đến trạng thái cân bằng thì:

$$\Delta G = -nFE = -nF(E_{\text{ox}} - E_{\text{kh}}) = 0 \Rightarrow E_{\text{ox}} = E_{\text{kh}}$$

### 5. Hằng số cân bằng của phản ứng oxi hoá - khử

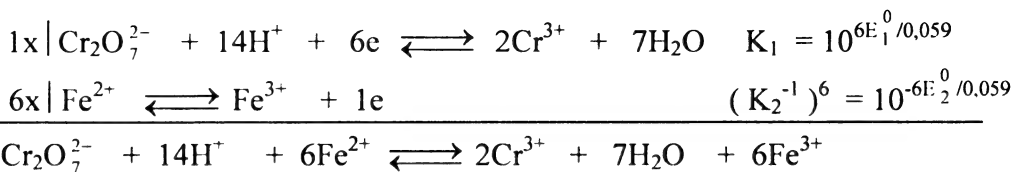
Ta có:  $\Delta G^0 = -nFE^0 = -RT \ln K$

$$\Rightarrow \ln K = \frac{nFE^0}{RT}$$

$$\text{Ở } 25^\circ\text{C thì: } \lg K = \frac{nE^0}{0,059} = \frac{n(E_{\text{ox}}^0 - E_{\text{kh}}^0)}{0,059}$$

**Ví dụ:** Tính hằng số cân bằng của phản ứng oxi hoá ion  $\text{Fe}^{3+}$  bằng ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ .

Cho  $E_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/2\text{Cr}^{3+}}^0 = E_1^0 = +1,36\text{V}$ ;  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 = +0,77\text{V}$



$$K = K_1.(K_2^{-1})^6 = 10^{6(1,36 - 0,77)/0,059} = 10^{60}$$

## V. CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG ĐẾN CHIỀU VÀ MỨC ĐỘ XẢY RA CỦA PHẢN ỨNG OXI HOÁ - KHỬ TRONG PIN

Nói chung, phản ứng xảy ra trong pin là phản ứng oxi hoá - khử nên các yếu tố ảnh hưởng đến chiều và mức độ xảy ra của phản ứng oxi hoá - khử thì đều ảnh hưởng đến chiều và phản ứng xảy ra trong pin.

### a) Thế điện cực

Từ biểu thức  $\Delta E^0 = \frac{2,303RT}{nF} \lg K$  ta thấy phản ứng oxi hoá - khử xảy ra theo

chiều thuận càng mạnh (K lớn) khi  $\Delta E^0$  càng lớn, nghĩa là độ chênh lệch giữa các thế điện cực tiêu chuẩn giữa hai cặp oxi hoá - khử càng lớn.

Ví dụ: Giải thích hiện tượng xảy ra khi lắc một miếng Cu với dung dịch chứa  $\text{Fe}^{3+}$  và  $\text{H}^+$ .

Cho  $E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 = +0,77\text{V}$ ;  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = +0,34\text{V}$ ;  $E_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0,00\text{V}$ ;

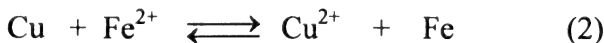
$$E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44\text{V}$$

### Giải

Phản ứng có thể xảy ra:



$$\Delta E_1^0 = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 - E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,77 - 0,34 = 0,43 \text{ V}$$



$$\Delta E_2^0 = E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 - E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = -0,44 - 0,34 = -0,78 \text{ V}$$



$$\Delta E_3^0 = E_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 - E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 = 0,00 - 0,34 = -0,34 \text{ V}$$

So sánh giá trị  $\Delta E^0$  ta thấy chỉ có  $\Delta E_1^0 > 0$  nên chỉ có phản ứng (1) xảy ra theo chiều thuận.

$$K = 10^{\frac{2\Delta E_1^0}{0,059}} = 10^{\frac{2,0,43}{0,059}} = 10^{14,6}$$

Do K của phản ứng rất lớn nên phản ứng xảy ra hoàn toàn ( $\text{Fe}^{3+}$  bị khử hết thành  $\text{Fe}^{2+}$ )

## b) **Nồng độ của các dạng oxi hoá - khử**

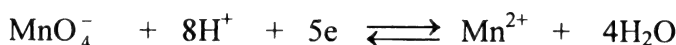
Các yếu tố ảnh hưởng đến nồng độ của các dạng oxi hoá - khử là:

• **Ảnh hưởng của pH:** Trong nhiều trường hợp, các ion  $H^+$ ,  $OH^-$  tham gia trực tiếp vào các nửa phản ứng oxi hoá - khử, do đó thế và chiều của phản ứng phụ thuộc vào pH.

**Ví dụ 4:** Thiết lập sự phụ thuộc giữa thế điện cực và pH của cặp  $MnO_4^- / Mn^{2+}$ .

Cho  $E^0_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = 1,51V$ .

**Giải**



$$\Rightarrow E_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = E^0_{MnO_4^- / Mn^{2+}} + \frac{0,059}{5} \lg C_{H^+}^8 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C_{MnO_4^-}}{C_{Mn^{2+}}}$$

$$\Rightarrow E_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = E^0_{MnO_4^- / Mn^{2+}} - \frac{0,059 \cdot 8}{5} pH + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C_{MnO_4^-}}{C_{Mn^{2+}}}$$

$$\Rightarrow E_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = E^{0'}_{MnO_4^- / Mn^{2+}} + \frac{0,059}{5} \lg \frac{C_{MnO_4^-}}{C_{Mn^{2+}}}$$

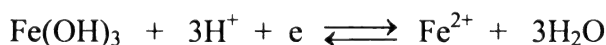
Với  $E^{0'}_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = E^0_{MnO_4^- / Mn^{2+}} - \frac{0,059 \cdot 8}{5} pH$ . Chỉ khi  $C_{H^+} = 1M$  ( $pH = 0$ ) thì

$E^{0'}_{MnO_4^- / Mn^{2+}} = E^0_{MnO_4^- / Mn^{2+}}$ . Như vậy khi  $C_{H^+}$  tăng (pH giảm) thì E tăng tức là khả

năng oxi hoá của  $MnO_4^-$  sẽ tăng lên.

Đối với các nửa phản ứng, trong đó mặc dù ion  $H^+$  hoặc  $OH^-$  không trực tiếp tham gia nhưng thế điện cực vẫn có thể thay đổi theo pH do có sự tạo phức hidroxơ của các kim loại, hoặc sự proton hoá các bazơ yếu tham gia trong nửa phản ứng oxi hoá - khử, dẫn đến sự xuất hiện một hệ oxi hoá khử mới khác với hệ cũ.

Ví dụ, đối với nửa phản ứng  $Fe^{3+} + 1e \rightleftharpoons Fe^{2+}$  mặc dù ion  $H^+$  không trực tiếp tham gia vào phản ứng nhưng thế điện cực vẫn phụ thuộc vào pH. Thực tế trong môi trường axit khi  $pH < 2$  thì thế không phụ thuộc vào pH vì ở đây các ion  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  không tham gia phản ứng tạo phức hidroxơ. Ở pH cao hơn, ví dụ  $1,5 < pH < 6,6$  thì xuất hiện các phức hidroxơ của  $Fe^{3+}$   $Fe(OH)_{(3-i)}$  ( $i = 1 \div 3$ ) và bắt đầu hình thành các hệ oxi hoá - khử mới. Ví dụ, đối với hệ

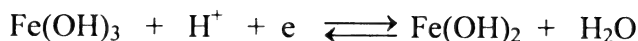


thì thế điện cực phụ thuộc vào pH theo phương trình:

$$E = E^0_{Fe^{3+} / Fe^{2+}} - 3 \cdot 0,059(pH - 1,5) \text{ (khi coi } C_{Fe^{2+}} = 1M)$$

$$\text{hay } E = E^0_{Fe^{3+} / Fe^{2+}} + 0,059 \lg \frac{C_{H^+}^3}{C_{Fe^{2+}}}$$

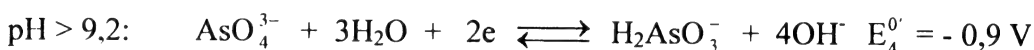
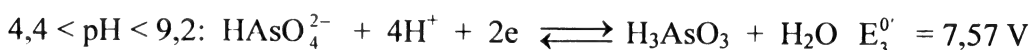
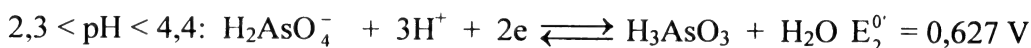
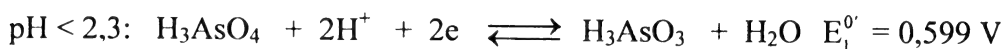
Ở pH cao hơn nữa, ví dụ pH > 6,6 thì lại xuất hiện một lượng đáng kể phức hidroxo của Fe<sup>2+</sup>, trong đó có Fe(OH)<sub>2</sub> và hình thành các hệ oxi hoá khử mới.  
*Ví dụ:*



và thế điện cực lại phụ thuộc vào pH:

$$E = -0,134 - 0,059(\text{pH} - 6,6)$$

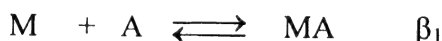
Cũng tương tự như vậy, tính chất oxi hoá - khử của cặp As(V)/As(III) phụ thuộc vào pH vì các axit H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> và H<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub> là những đa axit yếu, dạng tồn tại của chúng phụ thuộc vào pH và tùy theo pH mà ta có các hệ oxi hoá - khử tương ứng:



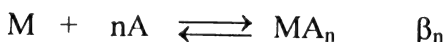
Sở dĩ xuất hiện các hệ oxi hoá - khử khác nhau như trên là do H<sub>3</sub>AsO<sub>4</sub> là một axit 3 nấc với pK<sub>1</sub> = 2,3; pK<sub>2</sub> = 4,4; pK<sub>3</sub> = 9,2 trong khi H<sub>3</sub>AsO<sub>3</sub> là một axit rất yếu (pK<sub>1</sub> = 9,2).

• *Ảnh hưởng của sự tạo phức:*

Trong nhiều trường hợp phản ứng oxi hoá - khử xảy ra trong dung dịch có chứa các chất tạo phức với các dạng oxi hoá và khử. Sự tạo phức là yếu tố quan trọng làm thay đổi thế điện cực và do đó làm thay đổi chiều phản ứng oxi hoá khử. Thông thường dạng oxi hoá có khả năng tạo phức mạnh hơn dạng khử. Do đó sự tạo phức sẽ làm giảm nồng độ dạng oxi hoá nhiều hơn nồng độ dạng khử và thế điện cực khi có chất tạo phức thường giảm xuống. Ta hãy xét trường hợp đơn giản khi hệ oxi hoá - khử M<sup>n+</sup>/M có chứa chất tạo phức A<sup>-</sup>. Ta có các quá trình sau đây (để đơn giản khi viết ta không ghi điện tích của các ion và không kể quá trình tạo phức hidroxo của M và proton hoá A)



.....



Theo định luật bảo toàn nồng độ của nguyên tử kim loại ta có:

$$C_M = [\text{M}] + [\text{MA}] + \dots + [\text{MA}_n] = [\text{M}](1 + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + \dots + \beta_n a^n)$$

$$\Rightarrow [\text{M}] = \frac{C_M}{1 + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + \dots + \beta_n a^n}; \text{ trong đó } [\text{A}] = a$$



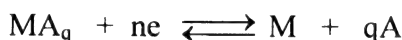
$$\Rightarrow E = E_{M^{n+}/M}^0 + \frac{RT}{nF} \ln[M] = E_{M^{n+}/M}^0 + \frac{RT}{nF} \ln C_M + \frac{RT}{nF} \ln \frac{1}{1 + \beta_1 a + \dots + \beta_n a^n}$$

Thông thường các hằng số bền  $\beta_i \gg 1$ ; nồng độ chất tạo phức A thường lấy dư nên đại lượng

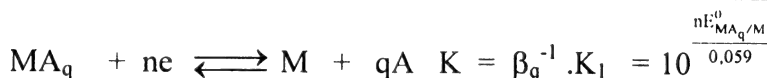
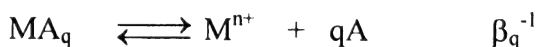
$$(1 + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + \dots + \beta_n a^n) \gg 1 \Rightarrow \frac{1}{1 + \beta_1 a + \beta_2 a^2 + \dots + \beta_n a^n} \ll 1$$

$\Rightarrow$  số hạng thứ 3 trong biểu thức trên thường  $< 0 \Rightarrow$  sự có mặt của chất tạo phức làm giảm khả năng oxi hoá của  $M^{n+}$  hay tăng khả năng khử của M.

Trong trường hợp khi A chỉ tạo phức bền với M, ví dụ  $MA_q$  và khi có dư phối tử A thì có thể coi dung dịch đã hình thành một hệ oxi hoá khử mới  $MA_q$ :



Ta có thể tính thế điện cực tiêu chuẩn của nửa phản ứng oxi hoá - khử đó từ sự tổ hợp sau đây:



$$\Rightarrow \beta_q^{-1} \cdot 10^{\frac{nE_{M^{n+}/M}^0}{0,059}} = 10^{\frac{nE_{MA_q/M}^0}{0,059}} \Rightarrow E_{MA_q/M}^0 = E_{M^{n+}/M}^0 - \frac{0,059}{n} \lg \beta_q$$

**Ví dụ 5:** Tính suất điện động của pin sau:



a) Dung dịch chỉ có  $\text{AgNO}_3$  0,1 M.

b) Điện cực bên phải có thêm  $\text{NH}_3$  1M. Cho  $K_b \text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+ = 10^{7,24}$ .

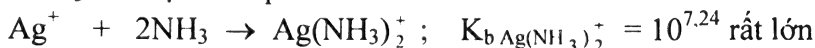
**Giải**

a) Thế của điện cực phải:

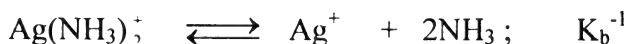
$$E_{+} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,059 \lg C_{\text{Ag}^+} = 0,799 + 0,059 \lg 0,1 = +0,74 \text{ V}$$

$$\Rightarrow E_{\text{pin}} = E_{(+)} - E_{(-)} = 0,74 - 0,00 = 0,74 \text{ V}$$

b) Khi thêm  $\text{NH}_3$  vào cực bên phải ta có:



Sau đó:



Giả sử  $x \ll 0,1$

$$\Rightarrow \frac{x \cdot 0,8^2}{0,1} = 10^{-7,24} \Rightarrow x = 9 \cdot 10^{-9} \text{ M} = [\text{Ag}^+]$$

$$\Rightarrow E_{(+)} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,059 \lg [\text{Ag}^+] = 0,799 + 0,059 \lg 9 \cdot 10^{-9} \\ = + 0,324 \text{ V}$$

$$\Rightarrow E_{\text{pin}} = E_{(+)} - E_{(-)} = + 0,324 \text{ V}$$

• *Ảnh hưởng của sự tạo thành hợp chất ít tan*

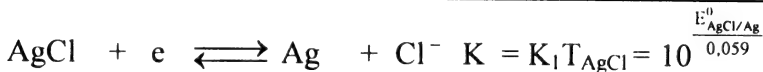
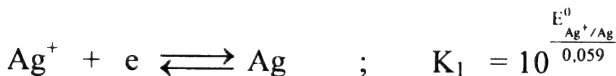
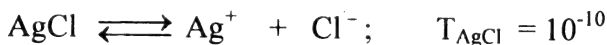
Trong một số trường hợp sự tạo thành các hợp chất ít tan giữa một trong các dạng oxi hoá, khử sẽ làm giảm nồng độ của nó xuống và do đó làm thay đổi thế điện cực của hệ.

**Ví dụ 6:** Thế điện cực đối với cặp  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  là 0,799 V. Khi trong hệ có ion  $\text{Cl}^-$  thì sẽ xuất hiện kết tủa  $\text{AgCl}$  và tương ứng trong hệ có nửa phản ứng oxi hoá - khử mới:



**Giải**

Có thể tính thế  $E_{\text{AgCl}/\text{Ag}}^0$  dựa vào sự tổ hợp sau:



$$\Rightarrow E_{\text{AgCl}/\text{Ag}}^0 = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,059 \lg T_{\text{AgCl}} = 0,799 + 0,059 \lg 10^{-10} = 0,222 \text{ V}$$

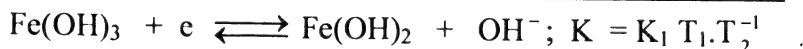
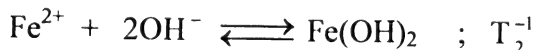
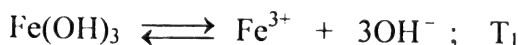
Như vậy sự tạo thành kết tủa đã làm giảm hẳn tính oxi hoá của ion  $\text{Ag}^+$ .

**Ví dụ 7:** Cho pin:  $\text{Pt}, \text{H}_2 (1 \text{ atm}) | \text{H}^+ (1 \text{ M}) || \text{Fe}^{3+}, \text{Fe}^{2+} | \text{Pt}$

Suất điện động của pin thay đổi ra sao nếu thêm  $\text{NaOH}$  1M vào nửa bên phải của pin ?

**Giải**

Khi thêm  $\text{NaOH}$  vào nửa bên phải của pin:



$$\Rightarrow E_p = E_{\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{Fe}(\text{OH})_2} = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 + 0,059 \lg \frac{T_2}{T_1} - 0,059 \lg [\text{OH}^-] + 0,059 \lg \frac{[\text{Fe}^{3+}]}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

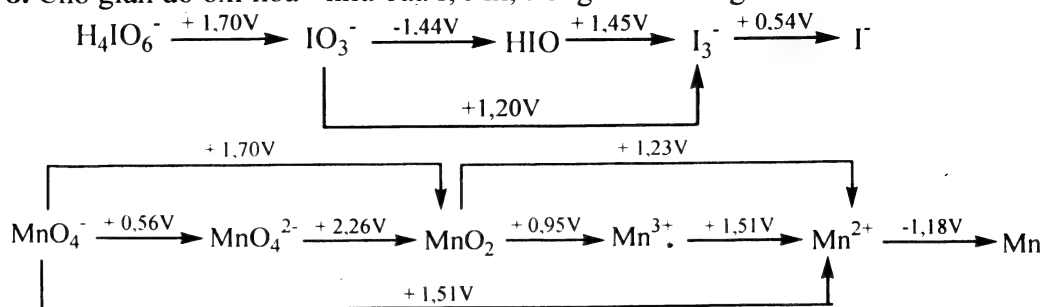
Do  $T_1 \gg T_2 \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} \ll 1$  và coi  $[\text{OH}^-] \approx 1 \text{ M} \Rightarrow E_p \text{ giảm} \Rightarrow E_{\text{pin}} \text{ giảm}$

## B. BÀI TẬP

- Dung dịch X chứa: 0,03 mol  $\text{K}^+$ ; 0,02 mol  $\text{Ba}^{2+}$  và x mol  $\text{OH}^-$ . Dung dịch Y chứa: y mol  $\text{H}^+$ ; 0,02 mol  $\text{NO}_3^-$  và z mol  $\text{Cl}^-$ . Trộn X với Y thu được 200 ml dung dịch có pH = 13. Tính giá trị của z.
- Có 500 ml dung dịch X chứa các ion:  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  và  $\text{Ba}^{2+}$ . Lấy 100 ml dung dịch X phản ứng với dung dịch NaOH dư, kết thúc các phản ứng thu được 19,7 gam kết tủa. Lấy 100 ml dung dịch X tác dụng với dung dịch  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  dư, sau khi các phản ứng kết thúc thu được 29,55 gam kết tủa. Cho 200 ml dung dịch X phản ứng với lượng dư dung dịch  $\text{AgNO}_3$ , kết thúc phản ứng thu được 28,7 gam kết tủa. Mặt khác, nếu đun sôi đến cạn 50 ml dung dịch X thì khối lượng chất rắn khan thu được bao nhiêu gam muối khan?
- Hòa tan hết m gam  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  vào  $\text{H}_2\text{O}$  thu được 300 ml dung dịch X. Cho 150 ml dung dịch X tác dụng với dung dịch chứa 0,3 mol NaOH, kết thúc các phản ứng thu được 2a gam kết tủa. Mặt khác, cho 150 ml dung dịch X còn lại phản ứng với dung dịch chứa 0,55 mol KOH, kết thúc các phản ứng sinh ra a gam kết tủa. Tính giá trị của m và a.
- Cho biết suất điện động của pin:  
 $\text{Pt}, \text{H}_2 (1 \text{ atm}) | \text{H}^+ (1 \text{ M}) || \text{Ag}^+ (1 \text{ M}) | \text{Ag}$  là 0,795 V ở  $25^\circ\text{C}$ 
  - Viết phương trình phản ứng xảy ra trong pin khi pin hoạt động.
  - Tính  $E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0$ .
- Cho  $E^0$  ở  $25^\circ\text{C}$  của các cặp  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$  và  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  tương ứng bằng - 0,44 V và + 0,80 V. Dùng thêm điện cực hydro tiêu chuẩn, sơ đồ pin dùng để xác định các thế điện cực đã cho. Hãy cho biết phản ứng xảy ra trong pin được lập từ hai cặp đó hoạt động.
- Cho:  $\text{O}_2 \xrightarrow{+0,68 \text{ V}} \text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{+1,77 \text{ V}} \text{H}_2\text{O}$ 
  - So sánh độ bền giữa các dạng oxi hoá - khử
  - Từ dữ kiện trên hãy tính  $E_{\text{O}_2, \text{H}^+/\text{H}_2\text{O}}^0$  và  $E_{\text{O}_2/\text{OH}^-}^0$ .
  - Thiết lập sự phụ thuộc E - pH của các cặp  $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{O}_2/\text{OH}^-$ .
- Dựa vào giản đồ oxi hoá - khử của Cr và Mn hãy xét tính bền của các ion  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$  và  $\text{MnO}_4^{2-}$  trong dung dịch nước. Cho biết:

Cặp oxi hóa - khử	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}, \text{H}^+/\text{Cr}^{3+}, \text{H}_2\text{O}$	$\text{Cr}^{3+}/\text{Cr}^{2+}$	$\text{Cr}^{2+}/\text{Cr}$	$\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_4^{2-}$	$\text{MnO}_4^{2-}, \text{H}^+/\text{MnO}_2, \text{H}_2\text{O}$
$E^0 \text{ (V)}$	+ 1,33	- 0,40	- 0,91	+ 0,56	+ 2,26

8. Cho giản đồ oxi hoá - khử của I, Mn, trong môi trường axit như:



Viết phương trình phản ứng dưới dạng ion thu gọn khi cho dung dịch KI tác dụng với dung dịch  $\text{KMnO}_4$  (trong môi trường axit) khi:

a) Sau phản ứng  $\text{I}^-$  dư

b) Sau phản ứng  $\text{MnO}_4^-$  dư

9. Hãy viết phương trình phản ứng, nửa phản ứng tại catôt, anôt. Khi các pin sau đây phóng điện: Pin Lơlangse, ắc quy chì, pin kiềm khô, pin Vôn-ta.

10. Cho pin A:  $\text{Cu} | \text{Cu}^{2+} (0,01 \text{ M}) || \text{Ag}^+ (0,1 \text{ M}) | \text{Ag}$ . Tính suất điện động của pin.

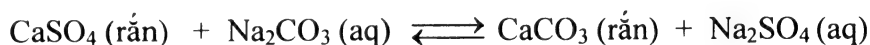
11. Phản ứng giữa  $\text{AgNO}_3$  và  $\text{KCl}$  tạo thành kết tủa  $\text{AgCl}$  và giải phóng năng lượng. Ta có thể tạo thành một tế bào điện hoá sinh công nhờ phản ứng đó.

a) Viết công thức của tế bào điện hoá theo IUPAC và các nửa phản ứng điện cực tại anôt và catôt.

b) Tính  $\Delta G_{298}^0$  của phản ứng kết tủa  $\text{AgCl}$  và  $E_{298}^0$  của tế bào điện hoá.

Biết  $T_{\text{AgCl}} = 1,6 \cdot 10^{-10}$ .

12. Cho phản ứng:



$$K_{\text{S}(\text{CaSO}_4)} = 6,3 \cdot 10^{-5}; K_{\text{S}(\text{CaCO}_3)} = 8,7 \cdot 10^{-9}$$

a) Thiết lập sơ đồ pin dựa trên cơ sở phản ứng trên.

b) Tính  $E_{298}^0$  của phản ứng.

c) Tính  $E_{\text{pin}}$  khi  $[\text{Na}_2\text{CO}_3] = 0,5 \text{ M}$ ;  $[\text{Na}_2\text{SO}_4] = 0,05 \text{ M}$ .

13. Cho hỗn hợp  $\text{KMnO}_4$  0,015 M;  $\text{H}_2\text{O}_2$  0,085 M;  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,80 M

a) Tìm thành phần giới hạn của dung dịch.

b) Tính thế của điện cực Pt nhúng trong dung dịch so với thế hidro chuẩn và so với calomen bão hoà.

Cho biết:  $E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 = +1,51 \text{ V}$ ;  $E_{\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}}^0 = 1,77 \text{ V}$ ;  $E_{\text{O}_2, \text{H}^+/\text{H}_2\text{O}}^0 = +1,21 \text{ V}$ ;

$$E_{\text{Calomen bão hoà}}^0 = +0,244 \text{ V}; \text{p}K_{\text{HSO}_4^-} = 2 \text{ và } L_{\text{O}_2} = 2 \cdot 10^{-3}.$$

14. Hidrazin có tính khử mạnh. Cho biết ở  $25^\circ\text{C}$  thế điện cực tiêu chuẩn của cặp:

$\text{N}_2/\text{N}_2\text{H}_5^+$  là  $-0,23 \text{ V}$ .

a) Tính  $E^0$  các cặp  $N_2/N_2H_6^{2+}$  và  $N_2/N_2H_4$ .

Biết  $pK_{a1}(N_2H_6^{2+}) = 0,27$ ;  $pK_{a2}(N_2H_6^{2+}) = 7,94$ .

b) Thiết lập sự phụ thuộc  $E - pH$  của các cặp oxi hoá - khử của hidrazin tại:

- $pH < 0$
- $pH = 2 \div 7$
- $pH > 9$

c) Viết phương trình ion của phản ứng xảy ra giữa hidrazin với  $KMnO_4$  ở  $pH = 0$  và  $pH = 9$ . Cho biết các giá trị  $pH$  này hidrazin đều bị oxi hoá thành  $N_2$ .

15. Dung dịch A gồm  $AgNO_3$  0,05M và  $Pb(NO_3)_2$  0,100M. Thêm 10,00 ml KI 0,250 M và  $HNO_3$  0,200 M vào 10 ml dung dịch A. Sau phản ứng nhúng một thanh Ag vào dung dịch B thu được ở trên và ghép thành pin (có cầu muối tiếp xúc hai dung dịch) với một điện cực Ag nhúng vào dung dịch X gồm  $AgNO_3$  0,01 M và KSCN 0,04 M.

a) Lập sơ đồ pin.

b) Tính suất điện động của pin ở  $25^0C$ .

c) Viết phản ứng xảy ra khi pin hoạt động.

d) Tính hằng số cân bằng của phản ứng.

e) Suất điện động của pin thay đổi như thế nào nếu:

- Thêm một ít NaOH vào dung dịch B.
- Thêm một ít  $Fe(NO_3)_3$  vào dung dịch X.

Cho:  $pK_S(AgI) = 16,0$ ;  $pK_S(PbI_2) = 7,86$ ;  $pK_S(AgSCN) = 12,0$ ;

$$E_{Ag^+/Ag}^0 = 0,799V; \frac{RT}{F} \ln = 0,0592 \lg.$$

16. Cho sơ đồ pin:  $Cd | Cd^{2+} || Cu^{2+} | Cu$

Biết  $E_{Cd^{2+}/Cd}^0 = -0,403V$ ;  $E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = +0,337V$

a) Viết phương trình phản ứng xảy ra khi pin hoạt động? Tính suất điện động của pin nếu  $[Cd^{2+}] = 0,01M$ ;  $[Cu^{2+}] = 0,001M$

b) Nếu thêm 1 mol  $NH_3$

- Vào nửa bên trái.
- Vào nửa bên phải.
- Vào cả hai bên.

Suất điện động của pin sẽ thay đổi như thế nào?

Biết  $K_b Cu(NH_3)_4^{2+} = 10^{12,03}$ ;  $K_b Cd(NH_3)_4^{2+} = 10^{6,56}$

17. Có một pin sau ở  $25^0C$ :



a) Tính  $\Delta G$  của phản ứng xảy ra trong pin.

b) Tính  $[Fe^{3+}]$ ,  $[Fe^{2+}]$  tại các điện cực lúc cân bằng.

c) Tính điện lượng (Culông) trao đổi qua dây dẫn (Nếu giả sử thể tích của mỗi dung dịch tại các điện cực là 1 lít). Cho  $E_{Fe^{3+}/Fe^{2+}}^0 = 0,77 V$  ở  $25^0C$ .

**18.** Trị số thế điện cực (tiêu) chuẩn của một số điện cực cho trong bảng sau đây:

Điện cực	Số thứ tự của điện cực	Thế điện cực chuẩn (V)
$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$	1	0,77
$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}/[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$	2	0,36
$\text{NO}, \text{H}_2\text{O}/\text{NO}_3^-, \text{H}^+$	3	0,96
$\text{NO}_2^-, \text{OH}^-/\text{NO}_3^-, \text{H}_2\text{O}$	4	0,10
$\text{Al}/\text{Al}^{3+}$	5	-1,66

Dựa vào số liệu trên hãy:

a) Lập các pin, tính hiệu thế của từng pin (ghi kết quả đó theo thứ tự giảm dần thành bảng sau)

Thứ tự	Pin gồm		Hiệu điện thế của pin
	Điện cực	Điện cực	

b) Chỉ rõ ảnh hưởng của độ pH đến mức độ oxi hoá  $\text{NO}_3^-$ .

c) Viết phương trình phản ứng xảy ra trên mỗi điện cực đó và phản ứng xảy ra trong mỗi pin được tạo ra:

$\alpha$ ) Từ điện cực 2 với điện cực 5.

$\beta$ ) Từ điện cực 3 với điện cực 5.

$\delta$ ) Từ điện cực 3 với điện cực 4.

**19.** Dung dịch A gồm KI 0,050 M và KBr 0,100 M. Thêm 10,00 ml dung dịch  $\text{AgNO}_3$  0,150 M vào 10,00 ml dung dịch A. Sau phản ứng người ta nhúng một điện cực Ag vào dung dịch B vừa thu được và ghép thành pin (có cầu muối tiếp xúc hai dung dịch) với một điện cực Ag nhúng vào dung dịch X gồm  $\text{AgNO}_3$  0,010 M và KCl 0,030 M. Bỏ qua sự tạo phức hidroxo của ion  $\text{Ag}^+$ .

a) Viết sơ đồ pin.

b) Tính suất điện động  $E_{\text{pin}}$  tại  $25^\circ\text{C}$  khi pin bắt đầu hoạt động.

c) Viết phương trình phản ứng xảy ra khi pin hoạt động và tính hằng số cân bằng của phản ứng đó ở  $25^\circ\text{C}$ . Cho :  $K_{S(\text{AgCl})} = 10^{-10,0}$  ;  $K_{S(\text{AgBr})} = 10^{-12,3}$  ;

$$K_{S(\text{AgI})} = 10^{-16,0} ; E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = +0,799 \text{ V} ; \frac{RT}{F} \ln = 0,0592 \lg .$$

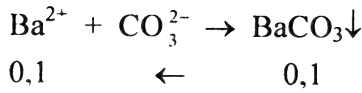
**20.** Dung dịch X gồm  $\text{Na}_2\text{S}$  0,010M, KI 0,060M,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  0,050M.

a) Tính pH của dung dịch X.

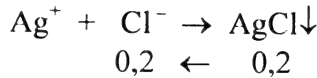
b) Thêm dần  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  vào dung dịch X cho đến nồng độ 0,090M thì thu được kết tủa A và dung dịch B.

$\alpha$ ) Cho biết thành phần hoá học của kết tủa A và dung dịch B.

$\beta$ ) Tính nồng độ các ion trong dung dịch B (không kể sự thủy phân của các ion, coi thể tích dung dịch không thay đổi khi thêm  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ).



• 200 ml dung dịch X + AgNO<sub>3</sub> dư:



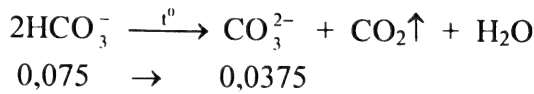
Vậy trong 50 ml dung dịch X chứa: 0,075 mol HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,05 mol Ba<sup>2+</sup>; 0,05 mol Cl<sup>-</sup> và K<sup>+</sup>.

Theo định luật bảo toàn điện tích:

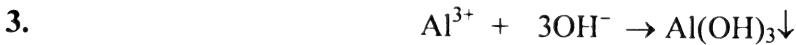
$$n_{\text{K}^+} + 2n_{\text{Ba}^{2+}} = n_{\text{HCO}_3^-} + n_{\text{Cl}^-}$$

$$\Rightarrow n_{\text{K}^+} = n_{\text{HCO}_3^-} + n_{\text{Cl}^-} - 2n_{\text{Ba}^{2+}} = 0,075 + 0,05 - 2 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ mol}$$

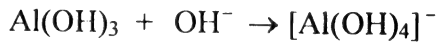
Nung nóng 50 ml dung dịch X:



$$\begin{aligned} \Rightarrow m_{\text{chất rắn}} &= m_{\text{K}^+} + m_{\text{Ba}^{2+}} + m_{\text{CO}_3^{2-}} + m_{\text{Cl}^-} \\ &= 39 \cdot 0,025 + 137 \cdot 0,05 + 60 \cdot 0,0375 + 35,5 \cdot 0,05 = 11,85 \text{ gam} \end{aligned}$$

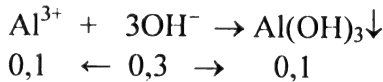


Nếu Al<sup>3+</sup> hết, OH<sup>-</sup> còn



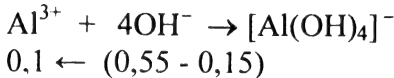
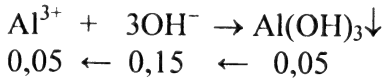
Xét hai trường hợp sau:

• Trường hợp 1: Al<sup>3+</sup> còn, OH<sup>-</sup> hết



$$\Rightarrow 2a = 7,8 \Rightarrow a = 3,9 \text{ gam}$$

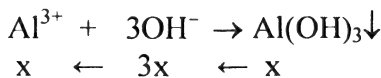
Khi cho 150 ml dung dịch X tác dụng với 0,55 mol KOH thu được 3,9 gam kết tủa. Chứng tỏ kết tủa tan một phần.

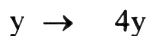
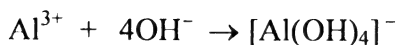


$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{Al}^{3+}} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} \text{ ban đầu} = 2 \cdot 0,075 = 0,15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 342 \cdot 0,15 = 51,3 \text{ gam}$$

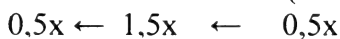
• Trường hợp 2: Al<sup>3+</sup> hết, OH<sup>-</sup> vừa hết hoặc còn. Đặt  $x = \frac{2a}{78} \text{ mol}$





$$\Rightarrow n_{\text{OH}^-} = 3x + 4y = 0,3 \quad (1)$$

Khi cho 150 ml dung dịch X tác dụng với 0,55 mol KOH thu được a gam kết tủa. Ta cũng có:

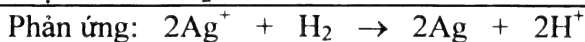
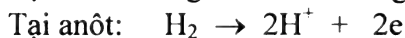
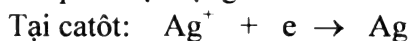


$$\Rightarrow n_{\text{OH}^-} = 3,5x + 4y = 0,55 \quad (2)$$

Để thấy hệ (1)(2) vô nghiệm (loại)

4.

a) Khi pin hoạt động:



b) Do các chất đều ở điều kiện chuẩn nên:

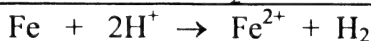
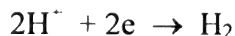
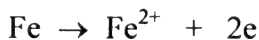
$$E_{\text{pin}} = E_{\text{pin}}^0 = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 - E_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0,795$$

$$\Rightarrow E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = 0,795 + 0 = 0,795 \text{ V}$$

5.  $\ominus \text{H}_2$  (P = 1 atm), Pt |  $\text{H}^+$  1M ||  $\text{Fe}^{2+}$  1M | Fe  $\oplus$

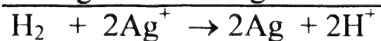
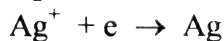
$$E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44\text{V} < E_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 = 0,00\text{V} \Rightarrow \text{Cực Fe: cực (-); Cực Hidro: cực (+)}$$

Phản ứng:



$\ominus \text{H}_2(\text{Pt}) | \text{H}^+ (1\text{M}) || \text{Ag}^+ (1\text{M}) | \text{Ag} \oplus$

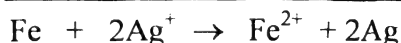
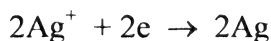
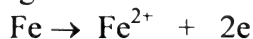
Phản ứng:



$\ominus \text{Fe} | \text{Fe}^{2+} (1\text{M}) || \text{Ag}^+ (1\text{M}) | \text{Ag} \oplus$

$$E_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}^0 = -0,44\text{V} < E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 = +0,80\text{V} \Rightarrow \text{Cực Fe: cực (-); Cực Ag: cực (+)}$$

Phản ứng:

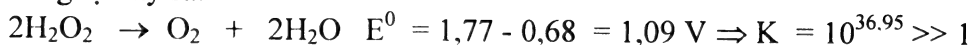




6.

a) Do  $E_{O_2/H_2O_2}^0 < E_{H_2O_2/H_2O}^0 \Rightarrow$  Tính oxi hóa  $H_2O_2$  mạnh hơn  $O_2$  và tính khử  $H_2O_2$  lớn hơn  $H_2O$ .

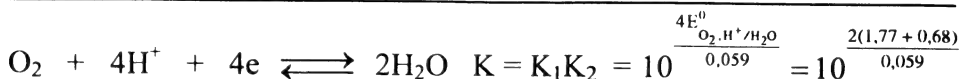
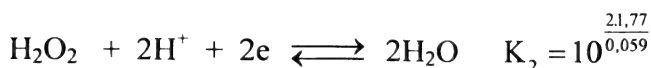
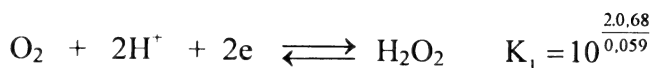
Phản ứng tự xảy ra:



Vậy  $H_2O_2$  là dạng kém bền hơn so với 2 dạng  $O_2$  và  $H_2O$ .

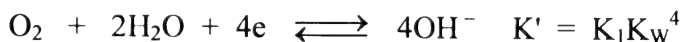
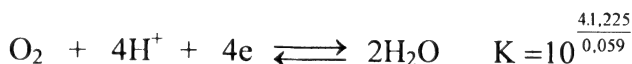
b)

• Tính  $E_{O_2, H^+/H_2O}^0$ :



$$\Rightarrow E_{O_2, H^+/H_2O}^0 = \frac{1}{2}(0,68 + 1,77) = 1,225 \text{ V}$$

• Tính  $E_{O_2/OH^-}^0$ :

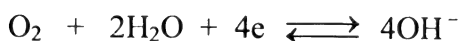


$$\Rightarrow E_{O_2/OH^-}^0 = (1,225 - \frac{56,0,059}{4}) = 0,399 \text{ V}$$



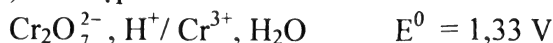
$$\Rightarrow E_{O_2, H^+/H_2O} = E_{O_2, H^+/H_2O}^0 + \frac{0,059}{4} \lg P_{O_2} - 0,059 \text{ pH}$$

$$= 1,225 + \frac{0,059}{4} \lg P_{O_2} - 0,059 \text{ pH}$$



$$\Rightarrow E_{O_2/OH^-} = E_{O_2/OH^-}^0 + \frac{0,059}{4} \lg P_{O_2} + 0,059(14 - \text{pH})$$

7. a) Các cặp oxi hoá khử



Do đó trong dung dịch đồng thời có mặt  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$  (trong môi trường axit thì oxi hoá mạnh nhất là ion  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , chất khử mạnh nhất là ion  $\text{Cr}^{2+}$ ). Do đó phản ứng tự phát là



Như vậy trong điều kiện đã cho: ion  $\text{Cr}^{3+}$  là ion bền nhất.

- Nếu trong bình phản ứng có chứa đồng thời các ion  $\text{Cr}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  (tan trong dung dịch) cùng với  $\text{Cr}$  (rắn) thì chất oxi hoá mạnh nhất là  $\text{Cr}^{3+}$ . Do đó có phản ứng xảy ra:



Vậy trong điều kiện đã cho ion  $\text{Cr}^{2+}$  là ion bền nhất.

- b) Ta xét các cặp oxi hoá - khử sau trong giản đồ oxi hoá - khử của Mn:

$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_4^{2-}}^0 = +0,56 \text{ V}; E_{\text{MnO}_4^{2-}, \text{H}^+/\text{MnO}_2, \text{H}_2\text{O}}^0 = +2,26 \text{ V}$$

Ta thấy:  $\text{MnO}_4^{2-}$  vừa là chất oxi hoá mạnh nhất, vừa là chất khử mạnh nhất nên phản ứng tự phát xảy ra là:

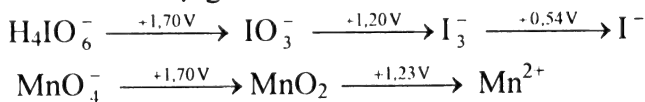


Như vậy ion  $\text{MnO}_4^{2-}$  là trạng thái oxi hoá kém bền hơn so với  $\text{MnO}_2$  và  $\text{MnO}_4^-$ . Khi giữ lâu trong dung dịch nước ở môi trường axit thì ion  $\text{MnO}_4^{2-}$  sẽ tự chuyển thành 2 dạng bền hơn là  $\text{MnO}_2$  và  $\text{MnO}_4^-$ .

Từ các ví dụ trên ta thấy: Trong giản đồ oxi hoá khử của một nguyên tố, trạng thái nào có thể oxi hoá khử phía trước âm hơn phía sau thì dạng đó kém bền, sẽ tự biến đổi thành hai trạng thái oxi hoá - khử kia. Nếu trạng thái oxi hoá có thể oxi hoá phía trước (bên trái) dương hơn thế oxi hoá phía sau thì trạng thái oxi hoá đó bền hơn hai trạng thái oxi hoá liên tiếp phía trước và phía sau nó.

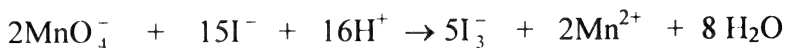
- 8. Theo nhận xét ở bài 5 thì  $\text{HIO}$  là dạng kém bền và  $\text{MnO}_4^-$ ,  $\text{Mn}^{3+}$  cũng là dạng kém bền. Do trong môi trường axit nên Mn không thể tồn tại (do  $E_{2\text{H}^+/\text{H}_2}^0 > E_{\text{Mn}^{2+}/\text{Mn}}^0$ ).

Như vậy ta có thể viết lại giản đồ oxi hoá - khử của I và Mn như sau:



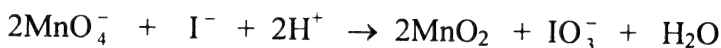
- a) Do sau phản ứng  $\text{I}^-$  dư nên không thể tồn tại  $\text{H}_4\text{IO}_6^-$ ,  $\text{IO}_3^-$  (vì  $E_{\text{H}_4\text{IO}_6^-/\text{IO}_3^-}^0$  và  $E_{\text{IO}_3^-/\text{I}^-}^0$  lớn hơn  $E_{\text{I}_3^-/\text{I}^-}^0$  nên cả  $\text{H}_4\text{IO}_6^-$  và  $\text{IO}_3^-$  đều oxi hoá được  $\text{I}^-$ ).

Không thể tồn tại  $\text{MnO}_4^-$  và  $\text{MnO}_2$  do chúng đều oxi hoá được  $\text{I}^-$  thành  $\text{I}_3^-$ . Do đó  $\text{MnO}_4^-$  bị khử thành  $\text{Mn}^{2+}$  và  $\text{I}^-$  bị oxi hoá thành  $\text{I}_3^-$ . Phản ứng xảy ra là:



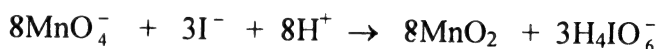
b) Phản ứng nếu  $\text{MnO}_4^-$  dư thì không thể tồn tại  $\text{Mn}^{2+}$  do  $\text{MnO}_4^-$  có thể oxi hoá  $\text{Mn}^{2+}$  thành  $\text{MnO}_2$ .

Mặt khác nếu  $\text{MnO}_4^-$  dư thì  $\text{I}^-$  và  $\text{I}_3^-$  không thể tồn tại được (do  $E_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2}^0 > E_{\text{I}_3^-/\text{I}^-}^0$  và  $E_{\text{IO}_3^-/\text{I}_3^-}^0$  nên  $\text{MnO}_4^-$  có thể oxi hoá  $\text{I}^-$  và  $\text{I}_3^-$ ). Vậy phản ứng xảy ra là:



Tuy nhiên vẫn có một lượng rất nhỏ  $\text{H}_4\text{IO}_6^-$  sinh ra do

$$E_{\text{MnO}_4^-/\text{MnO}_2}^0 = E_{\text{H}_4\text{IO}_6^-/\text{IO}_3^-}^0 = +1,70 \text{ V}$$



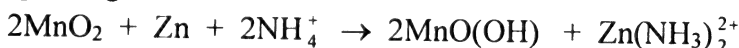
9. a) Pin Lơclangse: (anot)  $\text{Zn} | \text{NH}_4^+, \text{Zn}^{2+}, \text{H}_2\text{O} | \text{MnO}_2$  (catot)

Khi pin hoạt động:  $\text{NH}_4^+ \rightleftharpoons \text{NH}_3 + \text{H}^+$

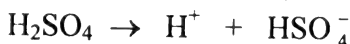
Tại catốt:  $\text{MnO}_2 + \text{H}^+ + \text{e} \rightarrow \text{MnO}(\text{OH})$

Tại anot:  $\text{Zn} + 2\text{NH}_3 \rightarrow \text{Zn}(\text{NH}_3)_2^{2+} + 2\text{e}$

Phản ứng chung:



b)Ắc qui chì: (anot)  $\text{Pb} | \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ 40\%} | \text{Pb}, \text{PbO}_2$  (catot)



Tại anot:  $\text{Pb} \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{e}$

Tại catốt:  $\text{PbO}_2 + 2\text{e} + 4\text{H}^+ \rightarrow \text{Pb}^{2+} + 2\text{H}_2\text{O}$

Cả hai cực:  $\text{Pb}^{2+} + \text{HSO}_4^- \rightarrow \text{PbSO}_4 + \text{H}^+$

Phản ứng chung:  $\text{PbO}_2 + \text{Pb} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

c) Pin kiềm khô: (anot)  $\text{Zn} | \text{MnO}_2$  (bột nhão),  $\text{OH}^- | \text{C}$  (graphit) (catot)

Hoạt động tương tự như pin Lơclangse

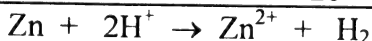
d) Pin Vonta



Khi pin hoạt động:

Tại catốt:  $2\text{H}^+ + 2\text{e} \rightarrow \text{H}_2$

Tại anot:  $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}$



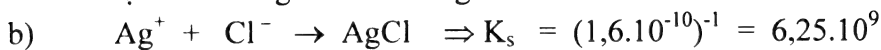
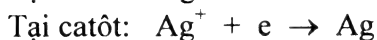
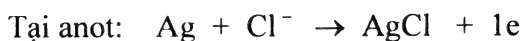
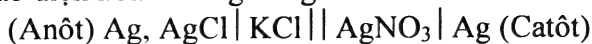
10. a) Ta có:

$$E_{\text{phải}} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}} = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,059 \lg C_{\text{Ag}^+} = 0,8 + 0,059 \lg 0,1 = 0,741 \text{ V}$$

$$E_{\text{trái}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg C_{\text{Cu}^{2+}} = 0,34 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = 0,281 \text{ V}$$

$$\Rightarrow E_{\text{pin}} = E_{\text{p}} - E_{\text{t}} = 0,741 - 0,281 = 0,460 \text{ V}$$

11. a) Tế bào điện hoá thường dùng:

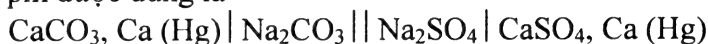


$$\Delta G_{298}^0 = -RT \ln K_s = -8,314 \cdot 298 \ln 6,25 \cdot 10^9 = -55,89 \text{ KJ}$$

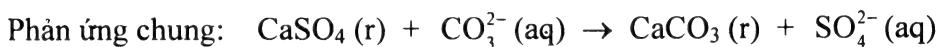
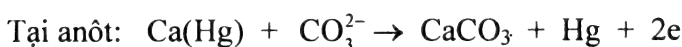
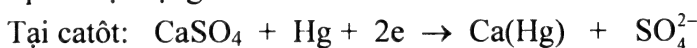
$$\text{Mặt khác: } \Delta G_{298}^0 = -nFE_{298}^0 \Rightarrow E_{298}^0 = \frac{55890}{1,96500} = 0,58 \text{ V}$$

12.

a) Ta có sơ đồ pin được dùng là



Khi pin hoạt động:



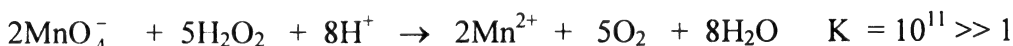
$$\text{b) Ta có: } K_C = \frac{[\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{CO}_3^{2-}]} = \frac{K_{S(\text{CaSO}_4)}}{K_{S(\text{CaCO}_3)}} = 7,241 \cdot 10^3$$

$$\Rightarrow \Delta G_{298}^0 = -RT \ln K_S = -nFE_{\text{phản ứng}}^0 \Rightarrow E_{\text{phản ứng}}^0 = 0,114 \text{ V}$$

$$\text{c) } E_{\text{pin}} = E_{\text{pin}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg \frac{[\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{SO}_4^{2-}]} = 0,1935 \text{ V}$$

$$\text{13. a) Do } E_{\text{O}_2, \text{H}^+ / \text{H}_2\text{O}}^0 = +1,21 \text{ V} < E_{\text{MnO}_4^- / \text{Mn}^{2+}}^0 = +1,51 \text{ V} < E_{\text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}}^0 = 1,77 \text{ V}$$

- Phản ứng xảy ra trong dung dịch là:



$$C_0: \quad 0,015 \quad 0,085 \quad 0,80$$

$$\Delta C: \quad -0,034 \quad -0,085 \quad -0,012 \quad 0,034 \quad 0,085$$

$$C: \quad 0,116 \quad 0 \quad 0,698 \quad 0,034 \quad 0,085$$

Vậy thành phần giới hạn:  $\text{MnO}_4^-$ : 0,116M;  $\text{H}^+$ : 0,698M;  $\text{O}_2$ :  $2 \cdot 10^{-3}\text{M}$

(Do 1 phần bay ra khỏi dung dịch);  $\text{Mn}^{2+}$ : 0,034M;  $\text{HSO}_4^-$ : 0,80M

Xét cân bằng:

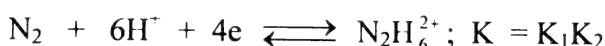
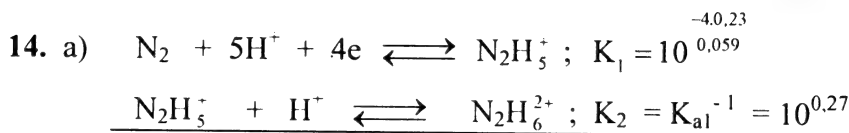


$$[ ]: \quad 0,8 - x \quad 0,698 + x \quad x$$

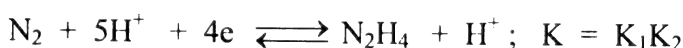
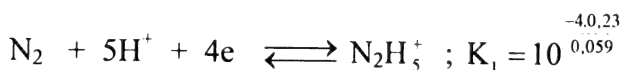
$$\Rightarrow \frac{(0,698 + x)x}{0,8 - x} = 10^{-2} \Rightarrow x = 0,011 \text{ M} \Rightarrow [\text{H}^+] = 0,709 \text{ M}$$

$$\begin{aligned}\Rightarrow E_{\text{MnO}_4/\text{Mn}^{2+}} &= E_{\text{MnO}_4/\text{Mn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-][\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]} \\ &= 1,51 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{0,116 \cdot (0,698)^8}{0,034} = +1,502 \text{ V}\end{aligned}$$

So với điện cực calomen bão hoà:  $E = 1,502 - 0,244 = 1,258 \text{ V}$



$$\Rightarrow E_{\text{N}_2/\text{N}_2\text{H}_6^{2+}}^0 = -0,23 + \frac{0,059}{4} \cdot 0,27 = -0,226 \text{ V}$$



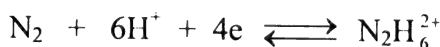
$$\Rightarrow E_{\text{N}_2/\text{N}_2\text{H}_4}^0 = -0,23 - \frac{0,059}{4} \cdot (-7,94) = -0,113 \text{ V}$$

$$\text{b) } \bullet \text{ pH} = 0 \Rightarrow [\text{H}^+] = 1 \text{ M}$$

$$\frac{[\text{N}_2\text{H}_4]}{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]} = \frac{K_{a1} K_{a2}}{[\text{H}^+]^2} = 10^{-8,21} \ll 1$$

$$\frac{[\text{N}_2\text{H}_5^+]}{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]} = \frac{K_{a1}}{[\text{H}^+]} = 10^{-0,27} = 0,537 < 1$$

$\Rightarrow \text{pH} < 0 \Rightarrow \text{Hidrazin tồn tại chủ yếu dưới dạng } \text{N}_2\text{H}_6^{2+}$



$$\Rightarrow E = E_{\text{N}_2/\text{N}_2\text{H}_6^{2+}}^0 + \frac{0,059}{4} \lg \frac{P_{\text{N}_2}}{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]} + \frac{0,059}{4} \lg [\text{H}^+]^6$$

$$= -0,226 + \frac{0,059}{4} \lg \frac{P_{\text{N}_2}}{[\text{N}_2\text{H}_6^{2+}]} - 0,0885 \text{ pH}$$

$$\bullet \text{ pH} = 2 \Rightarrow [\text{H}^+] = 0,01 \text{ M}$$

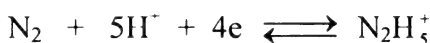
$$\frac{[\text{N}_2\text{H}_4]}{[\text{N}_2\text{H}_5^+]} = \frac{K_{a2}}{[\text{H}^+]} = 10^{-5,94} \ll 1$$

$$\frac{[N_2H_6^{2+}]}{[N_2H_5^+]} = \frac{[H^+]}{K_{a_1}} = 10^{-1.73} \ll 1$$

• pH = 7  $\Rightarrow [H^+] = 10^{-7} M$

$$\frac{[N_2H_4]}{[N_2H_5^+]} = \frac{K_{a_2}}{[H^+]} = 10^{-0.94} < 1 ; \frac{[N_2H_6^{2+}]}{[N_2H_5^+]} = \frac{[H^+]}{K_{a_1}} = 10^{-6.73} \ll 1$$

$\Rightarrow 2 < \text{pH} < 7 \Rightarrow$  Hidrazin tồn tại chủ yếu ở dạng  $N_2H_5^+$



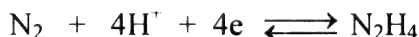
$$\begin{aligned} \Rightarrow E &= E_{N_2/N_2H_5^+}^0 + \frac{0,059}{4} \lg \frac{P_{N_2}}{[N_2H_5^+]} + \frac{0,059}{4} \lg [H^+]^5 \\ &= -0,23 + \frac{0,059}{4} \lg \frac{P_{N_2}}{[N_2H_5^+]} - 0,07375 \text{pH} \end{aligned}$$

• Ở pH = 9  $\Rightarrow [H^+] = 10^{-9} M$

$$\frac{[N_2H_5^+]}{[N_2H_4]} = K_{a_2}^{-1} \cdot [H^+] = 10^{7.94} \cdot 10^{-9} \ll 1$$

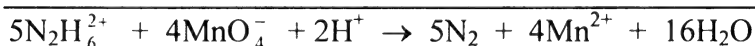
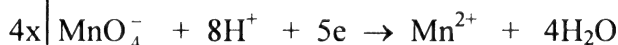
$$\frac{[N_2H_6^{2+}]}{[N_2H_4]} = K_{a_1}^{-1} \cdot K_{a_2}^{-1} \cdot [H^+]^2 = 10^{-9.79} \ll 1$$

$\Rightarrow \text{pH} > 9 \Rightarrow$  Hidrazin tồn tại chủ yếu ở dạng  $N_2H_4$

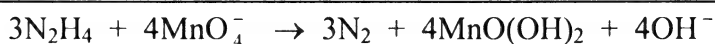
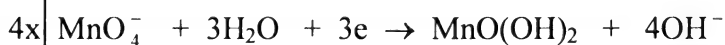
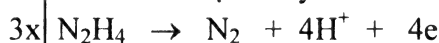


$$\begin{aligned} \Rightarrow E &= E_{N_2/N_2H_4}^0 + \frac{0,059}{4} \lg \frac{P_{N_2}}{[N_2H_4]} + \frac{0,059}{4} \lg [H^+]^4 \\ &= -0,113 + \frac{0,059}{4} \lg \frac{P_{N_2}}{[N_2H_4]} - 0,059 \text{pH} \end{aligned}$$

c) pH = 0  $\Rightarrow$  Hidrazin tồn tại chủ yếu dưới dạng  $N_2H_6^{2+}$ .



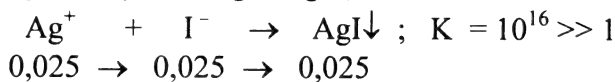
• pH = 9  $\Rightarrow$  Hidrazin tồn tại chủ yếu dưới dạng  $N_2H_4$



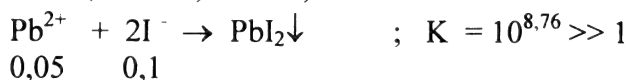
$$15. a) C_{Ag^+} = \frac{0,05 \cdot 10}{10 + 10} = 0,025M; C_{Pb^{2+}} = \frac{0,1 \cdot 10}{10 + 10} = 0,05M;$$

$$C_{I^-} = \frac{0,25 \cdot 10}{10 + 10} = 0,125M; C_{H^+} = \frac{0,2 \cdot 10}{10 + 10} = 0,1M$$

Các tương tác xảy ra trong dung dịch B:

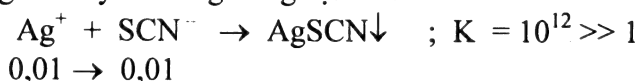


$$\Rightarrow C_{I^-} \text{ dư} = 0,125 - 0,025 = 0,1M$$



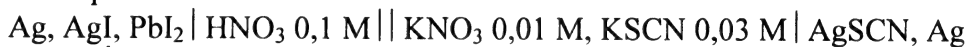
Vậy thành phần giới hạn của dung dịch B gồm AgI, PbI<sub>2</sub>, H<sup>+</sup> và NO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

Tương tác xảy ra trong dung dịch X:



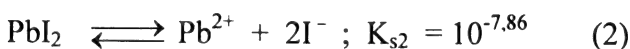
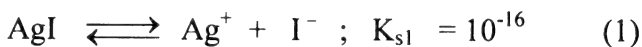
Thành phần giới hạn của dung dịch X gồm AgSCN, SCN<sup>-</sup> dư: 0,03 M, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

$\Rightarrow$  Sơ đồ pin:



b) Tính suất điện động:

• Với điện cực bên trái:



Do  $K_{s2} \gg K_{s1} \Rightarrow I^-$  chủ yếu là do cân bằng (2) sinh ra.

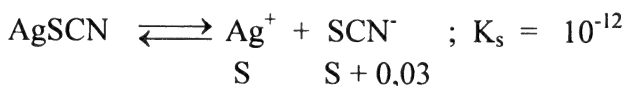
$$\Rightarrow [I^-] = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{10^{-7,86}}{4}} = 3,022 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\Rightarrow [Ag^+] = \frac{10^{-16}}{3,022 \cdot 10^{-3}} = 3,31 \cdot 10^{-14} \text{ M} \ll 3,022 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$\Rightarrow$  Giả thiết  $I^-$  hoàn toàn do PbI<sub>2</sub> sinh ra là chấp nhận được.

$$E_t = E_{Ag^+/Ag}^0 + 0,0592 \lg[Ag^+] = 0,001 \text{ V}$$

Tại dung dịch X:



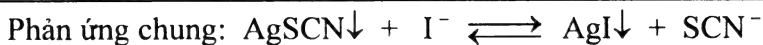
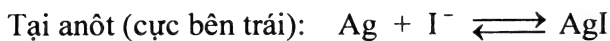
$$\Rightarrow S(S + 0,03) = 10^{-12}$$

Giả sử  $S \ll 0,03 \Rightarrow S = 3,33 \cdot 10^{-11} \text{ M} \ll 0,03 \text{ M}$  (chấp nhận giả sử)

$$E_p = E_{Ag^+/Ag}^0 + 0,0592 \lg[Ag^+] = 0,179 \text{ V}$$

$$\text{Vậy } E_{pin} = E_p - E_t = 0,179 - 0,001 = 0,178 \text{ V}$$

c) Phản ứng xảy ra khi pin hoạt động



d) Hằng số cân bằng của phản ứng:

$$K_C = 10^{\frac{1,0,178}{0,0592}} = 10^3$$

e) Thêm một ít NaOH vào B.

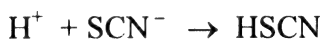
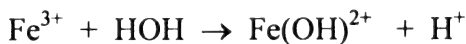
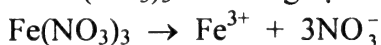


Trong B còn  $\text{H}^+$  (0,1 M) nên  $\text{OH}^-$  sẽ bị trung hoà theo phản ứng:



$\Rightarrow [\text{Ag}^+]$  coi như không đổi  $\Rightarrow E_{\text{pin}}$  cũng không thay đổi.

- Thêm một ít  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  vào dung dịch X:



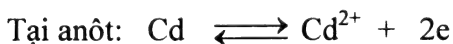
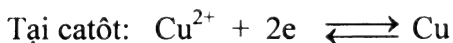
$\Rightarrow [\text{SCN}^-]$  giảm  $\Rightarrow [\text{Ag}^+]$  tăng  $\Rightarrow E_{\text{pin}}$  tăng

16.

$$\text{a) } E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Cd}^{2+}] = -0,403 + \frac{0,059}{2} \lg 0,01 = -0,462\text{V}$$

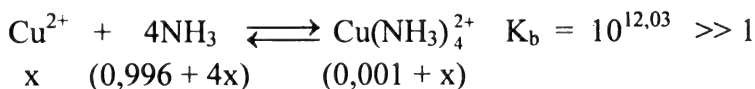
$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Cu}^{2+}] = 0,337 + \frac{0,059}{2} \lg 0,001 = 0,2485\text{V}$$

Do  $E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} > E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}}$  nên sơ đồ pin sẽ là:



$$E_{\text{pin}} = 0,2485 - (-0,462) = 0,7105\text{V}$$

b) • Thêm  $\text{NH}_3$  vào nửa bên phải pin:



Giả sử  $x \ll 0,001$

$$\Rightarrow [\text{Cu}^{2+}] = x = \frac{10^{-3}}{10^{12,03} \cdot (0,996)^4} = 9,483 \cdot 10^{-16} \text{ M} \ll 0,001 \text{ (chấp nhận giả sử)}$$



$$\Rightarrow E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}} = E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^0 + \frac{0,059}{2} \lg[\text{Cu}^{2+}] = 0,337 + \frac{0,059}{2} \lg 9,483 \cdot 10^{-16} = -0,106\text{V}$$

$$\Rightarrow E_{\text{pin}} = -0,106 - (-0,462) = 0,356\text{V}$$

• Thêm  $\text{NH}_3$  vào nửa bên trái của pin:

Tương tự như trên ta cũng có:

$$E_{\text{Cd}^{2+}/\text{Cd}} = -0,653\text{V} \Rightarrow E_{\text{pin}} = 0,337 - (-0,653) = 0,99\text{V}$$

• Thêm  $\text{NH}_3$  vào cả hai nửa pin:

$$E_{\text{pin}} = -0,106 - (-0,653) = 0,547\text{V}$$

17. a) Ta có:

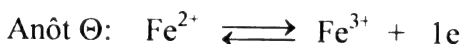
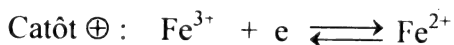
$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}, \text{ trái}} = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 + 0,059 \lg \frac{C_{\text{Fe}^{3+}}}{C_{\text{Fe}^{2+}}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{0,1}{0,2} = 0,752\text{V}$$

$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}, \text{ phải}} = E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}}^0 + 0,059 \lg \frac{C_{\text{Fe}^{3+}}}{C_{\text{Fe}^{2+}}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{0,2}{0,1} = 0,788\text{V}$$

Như vậy, cực phải là cực dương, cực trái là cực âm

$$E_{\text{pin}} = 0,788 - 0,752 = 0,036\text{V}$$

Các nửa phản ứng:



$$\Delta G = -nFE_{\text{pin}} = -1.96500 \cdot 0,036 = -3474\text{J}$$

b) Lúc cân bằng:

$$\text{Tại điện cực trái: } [\text{Fe}^{3+}] = 0,1 + x; [\text{Fe}^{2+}] = 0,2 - x$$

$$\text{Tại điện cực phải: } [\text{Fe}^{3+}] = 0,2 - x; [\text{Fe}^{2+}] = 0,1 + x$$

$$\text{Do khi cân bằng: } E_t = E_p \Rightarrow \frac{0,1+x}{0,2-x} = \frac{0,2-x}{0,1+x} \Rightarrow x = 0,05\text{M}$$

$$\Rightarrow [\text{Fe}^{2+}] = [\text{Fe}^{3+}] = 0,15\text{M}$$

c) Điện lượng trao đổi qua dây dẫn là:

$$Q = n_e F = 0,05 \cdot 96500 = 4825\text{C}$$

18.

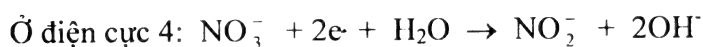
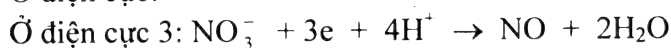
a) Ta có kết quả sau:

Thứ tự	Pin gồm		Hiệu điện thế của pin
	Điện cực	Điện cực	
1	3	5	$0,96 + 1,66 = 2,62$
2	1	5	$0,77 + 1,66 = 2,43$
3	2	5	$0,36 + 1,66 = 2,02$
4	4	5	$0,1 + 1,66 = 1,76$
5	3	4	$0,96 - 0,10 = 0,86$
6	1	4	$0,77 - 0,1 = 0,67$
7	3	2	$0,96 - 0,36 = 0,60$

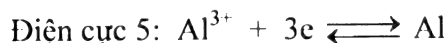
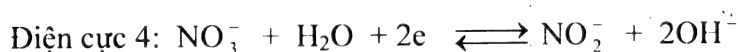
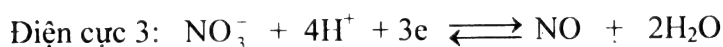
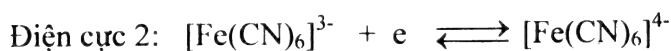
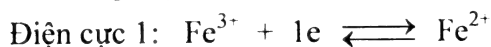
8	1	2	$0,77 - 0,36 = 0,41$
9	2	4	$0,36 - 0,10 = 0,26$
10	3	1	$0,96 - 0,77 = 0,19$

b) Theo bảng a, trong môi trường axit (có  $H^+$  hoặc  $H_3O^+$ )  $NO_3^-$  thể hiện tính oxy hoá mạnh hơn nhiều so với môi trường trung tính (chỉ có  $H_2O$ ). Cụ thể:

Ở điện cực:



c) Phản ứng xảy ra ở mỗi điện cực như sau:

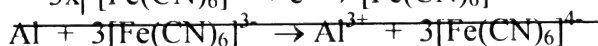
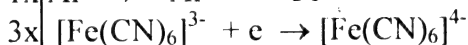
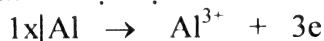


Phản ứng xảy ra trong pin

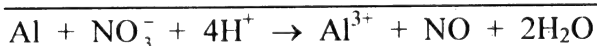
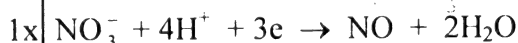
Nguyên tắc khi lập pin là điện cực có thế điện cực (tiêu) chuẩn dương hơn sẽ là điện cực dương (+) đặt ở bên phải, điện cực kia là điện cực âm (-) đặt bên trái.

Cụ thể:

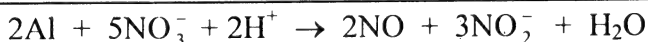
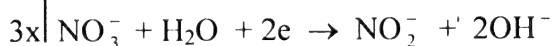
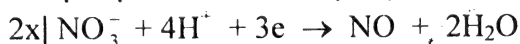
• Pin  $\alpha$ : Điện cực 5                      Điện cực 2



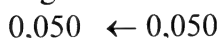
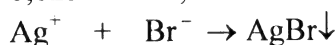
• Pin  $\beta$ : Điện cực 5                      Điện cực 3



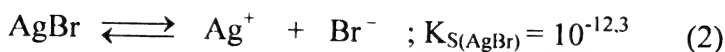
• Pin  $\delta$ : Điện cực 4                      Điện cực 3



19. a) • A +  $AgNO_3$ :  $C_{Ag^+} = 0,075 M$ ;  $C_{I^-} = 0,025 M$ ;  $C_{Br^-} = 0,050 M$



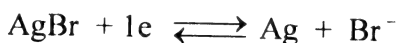
Trong dung dịch xuất hiện đồng thời hai kết tủa AgI và AgBr



Do  $K_{S(\text{AgI})} \ll K_{S(\text{AgBr})}$  nên cân bằng (2) là cân bằng chủ yếu trong dung dịch.



$$\Rightarrow x = \sqrt{K_{S(\text{AgBr})}} = \sqrt{10^{-12,3}} = 10^{-6,15} ; M = [\text{Ag}^+]$$

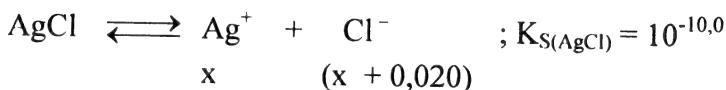
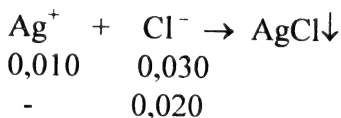


$$E_1 = E_{\text{AgBr}/\text{Ag}} = E_{\text{AgBr}/\text{Ag}}^0 + 0,0592 \lg \frac{1}{[\text{Br}^-]}$$

$$= E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,0592 \lg K_{S(\text{AgBr})} + 0,0592 \lg \frac{1}{[\text{Br}^-]}$$

$$= E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,0592 \lg [\text{Ag}^+] = 0,799 + 0,0592 \lg 10^{-6,15} = 0,43492 \text{ V}$$

• Dung dịch X :



$$\Rightarrow x(x + 0,020) = 10^{-10,0} \Rightarrow x = 10^{-8,30} M = [\text{Ag}^+]$$

$$\Rightarrow E_2 = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,0592 \lg [\text{Ag}^+] = 0,799 + 0,0592 \lg 10^{-8,3} = 0,30764 \text{ V}$$

Do  $E_2 < E_1$  nên điện cực Ag trong B là cực (+), cực Ag trong X là cực (-).

Sơ đồ pin :

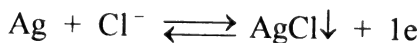


b)

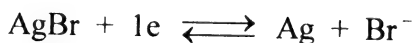
$$E_{\text{pin}} = E_1 - E_2 = 0,43492 - 0,30764 = 0,12728 \text{ V}$$

c) Phương trình phản ứng:

• Anôt (-) : Xảy ra sự oxi hoá



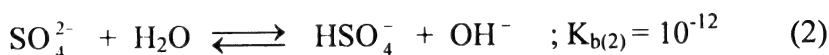
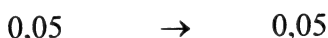
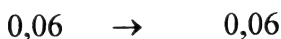
• Catôt (+) : Xảy ra sự khử



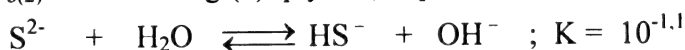
$$\text{AgBr} \downarrow + \text{Cl}^- \rightleftharpoons \text{AgCl} \downarrow + \text{Br}^- ; K = 10^{\frac{E_{\text{AgBr}/\text{Ag}}^0 - E_{\text{AgCl}/\text{Ag}}^0}{0,0592}} = \frac{K_{S(\text{AgBr})}}{K_{S(\text{AgCl})}} = 10^{-2}$$

$$\text{Hoặc: } \Delta G_{298}^0 = -RT \ln K = -nFE_{\text{pin}}^0 \Rightarrow \lg K = \frac{E_{\text{pin}}^0}{0,0592} = \lg \frac{K_{S(\text{AgBr})}}{K_{S(\text{AgCl})}} \Rightarrow K = 10^{-2}$$

20. a) Tính pH của dung dịch:  $\text{Na}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{S}^{2-}$



$K_{b(1)} \gg K_{b(2)}$  nên cân bằng (1) quyết định pH của dung dịch:



Cân bằng:  $(0,01 - x)$

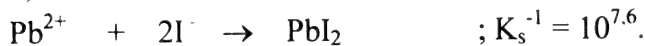
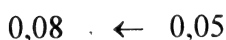
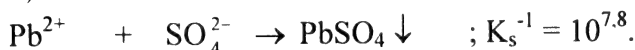
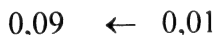
$x$

$x$

$$\frac{x^2}{0,01 - x} = 10^{-1,1} \Rightarrow x^2 + 0,0794x - 10^{-3,1} = 0$$

$$\Rightarrow x = 8,98 \cdot 10^{-3} \Rightarrow [\text{OH}^-] = 8,98 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \text{pH} = 11,95$$

b)  $\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{PbS} \downarrow \quad ; K_s^{-1} = 10^{26}$



Thành phần hỗn hợp: Kết tủa A :  $\text{PbS}$ ,  $\text{PbSO}_4$ ,  $\text{PbI}_2$ .

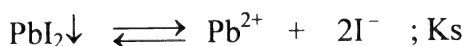
Dung dịch B chứa:  $\text{K}^+$  0,06M;  $\text{Na}^+$  0,12M

Ngoài ra còn có các ion  $\text{Pb}^{2+}$ ;  $\text{SO}_4^{2-}$ ;  $\text{S}^{2-}$  do kết tủa tan ra.

$$\text{Độ tan của các kết tủa: PbI}_2: S = \sqrt[3]{\frac{10^{-7,6}}{4}} = 10^{-2,7} \text{ M};$$

$$\text{PbSO}_4: S = \sqrt{10^{-7,8}} = 10^{-3,9} \text{ M}; \text{PbS: } S = \sqrt{10^{-26}} = 10^{-13} \text{ M}$$

Bởi vì độ tan của  $\text{PbI}_2$  là lớn nhất nên cân bằng chủ yếu trong dung dịch là cân bằng tan của  $\text{PbI}_2$ .



$$\text{Do đó } [\text{Pb}^{2+}] = 10^{-2,7} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ M và } [\text{I}^-] = 4 \cdot 10^{-3} \text{ M.}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = \frac{10^{-7.8}}{2.10^{-3}} = 5.10^{-5.8} = 7.9.10^{-6}\text{M} \ll [\text{Pb}^{2+}]$$

$$[\text{S}^{2-}] = \frac{10^{-26}}{2.10^{-3}} = 5.10^{-24} \ll [\text{Pb}^{2+}]$$

Các nồng độ  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  đều rất bé so với nồng độ  $\text{Pb}^{2+}$ , như vậy nồng độ  $\text{Pb}^{2+}$  do PbS và  $\text{PbSO}_4$  tan ra là không đáng kể nên cách giải gần đúng trên là hoàn toàn chính xác.

• Nhận biết các chất có trong kết tủa A:  $\text{PbS}$ ;  $\text{PbSO}_4$ ;  $\text{PbI}_2$ .

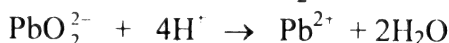
Cho kết tủa hoà tan trong NaOH dư : Kết tủa PbS không tan, có màu đen.

Dung dịch có  $\text{PbO}_2^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{I}^-$ ,  $\text{OH}^-$ .

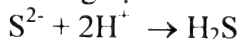


Nhận ra ion  $\text{SO}_4^{2-}$  : cho  $\text{BaCl}_2$  dư: có kết tủa trắng  $\text{BaSO}_4$ , trong dung dịch có  $\text{PbO}_2^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{I}^-$ .

Nhận ra  $\text{I}^-$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ : axit hoá dung dịch bằng  $\text{HNO}_3$  dư sẽ có kết tủa vàng  $\text{PbI}_2$  xuất hiện:

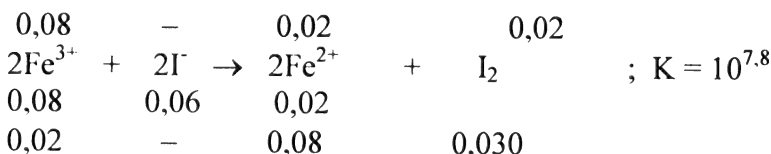
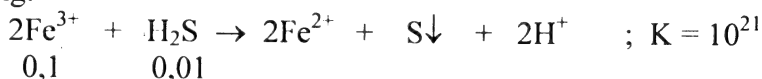


c) Axit hoá dung dịch X:



Vì  $C_{\text{H}_2\text{S}} = 0,010 < S_{\text{H}_2\text{S}}$  nên  $\text{H}_2\text{S}$  chưa bão hoà, không thoát ra khỏi dung dịch.

Phản ứng:



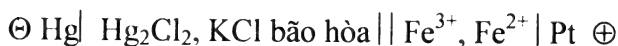
Thành phần trong dung dịch:  $\text{Fe}^{3+}$  0,020M ;  $\text{Fe}^{2+}$  0,080M;  $\text{I}_2$  0,030M ;  $\text{H}^+$ : 0,02M

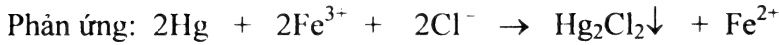
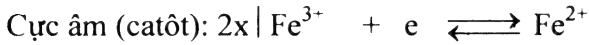
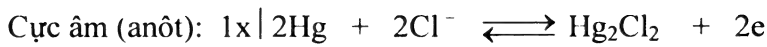
$$E_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 + 0,059 \lg \frac{0,02}{0,08} = 0,743\text{V (cực dương)}$$

$$E_{\text{cal}} = 0,244\text{V (cực âm)}$$

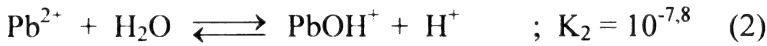
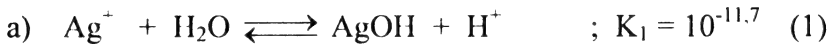
$$\Rightarrow E_{\text{pin}} = E_{(+)} - E_{(-)} = 0,743 - 0,244 = 0,499\text{V}$$

Sơ đồ pin:





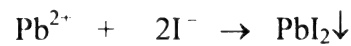
21.



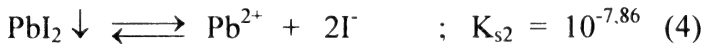
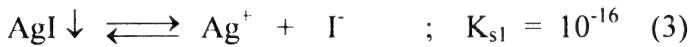
Do  $K_2 \gg K_1$  nên cân bằng 2 quyết định pH của dung dịch

b)

α) Dung dịch B: Thêm KI:  $C_{\text{Ag}^+} = 0,025\text{M}$ ;  $C_{\text{Pb}^{2+}} = 0,050\text{M}$ ;  $C_{\text{I}^-} = 0,125\text{M}$ ;  $C_{\text{H}^+} = 0,10\text{M}$



Trong dung dịch có đồng thời hai kết tủa AgI và PbI<sub>2</sub>.

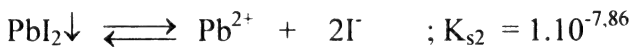


$K_{s1} \ll K_{s2}$ , vậy trong dung dịch cân bằng (4) là chủ yếu. Sự tạo phức hidroxơ của  $\text{Pb}^{2+}$  là không đáng kể vì có  $\text{H}^+$  dư:



$$\frac{[\text{PbOH}^+]}{[\text{Pb}^{2+}]} = \frac{10^{-7.8}}{10^{-1}} = 10^{-6.8} \Rightarrow [\text{PbOH}^+] \ll [\text{Pb}^{2+}]$$

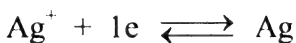
Trong dung dịch :



$$\Rightarrow (2x)^2x = 10^{-7.86} \Rightarrow x = 1,51.10^{-3}\text{M} \Rightarrow 2x = [\text{I}^-] = 2,302.10^{-3}\text{M}$$

$$\Rightarrow [\text{Ag}^+] = \frac{K_{s1}}{[\text{I}^-]} = \frac{10^{-16}}{3,20.10^{-3}} = 3,31.10^{-14}\text{M}$$

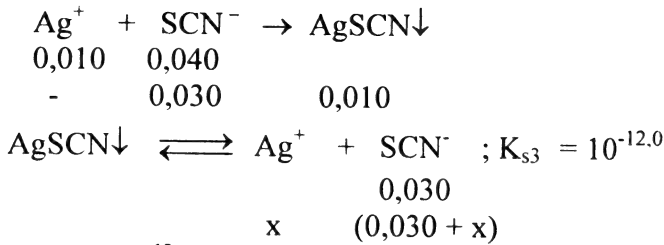
E của cực Ag trong dung dịch B:



$$E_1 = E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^0 + 0,0592\lg[\text{Ag}^+] = 0,799 + 0,0592\lg 3,31.10^{-14}$$

$$E_1 = 0,001\text{V}$$

Dung dịch X:

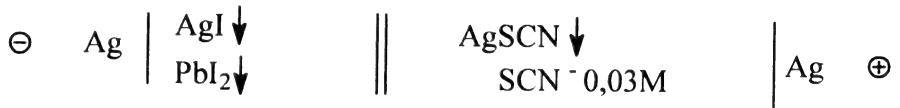


$$\Rightarrow x(0,030 + x) = 10^{-12} \Rightarrow [\text{Ag}^+] = x = 3,33 \cdot 10^{-11} \text{M}$$

$$E_2 = 0,799 + 0,0592 \lg [\text{Ag}^+] = 0,799 + 0,0592 \lg 3,33 \cdot 10^{-11}$$

$$E_2 = 0,179 \text{V}$$

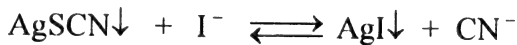
Vì  $E_2 > E_1$ , ta có pin gồm cực Ag trong X là cực dương (catôt), cực Ag trong B là cực âm (anôt). Sơ đồ pin:



β) Suất điện động của pin:

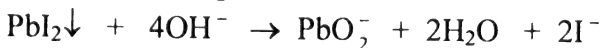
$$E_{\text{pin}} = E_2 - E_1 = 0,179 - 0,001 = 0,178 \text{V}$$

δ) Phương trình phản ứng:



$$\gamma) K = \frac{K_{s(\text{AgSCN})}}{K_{s(\text{AgI})}} = \frac{10^{-12}}{10^{-16}} = 10^4$$

c) α) Thêm NaOH vào dung dịch B:

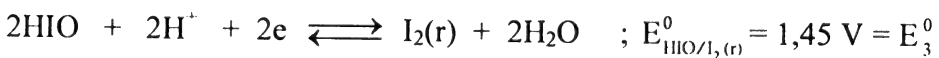
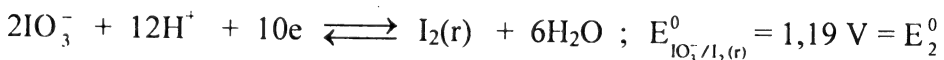
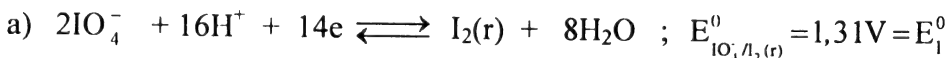


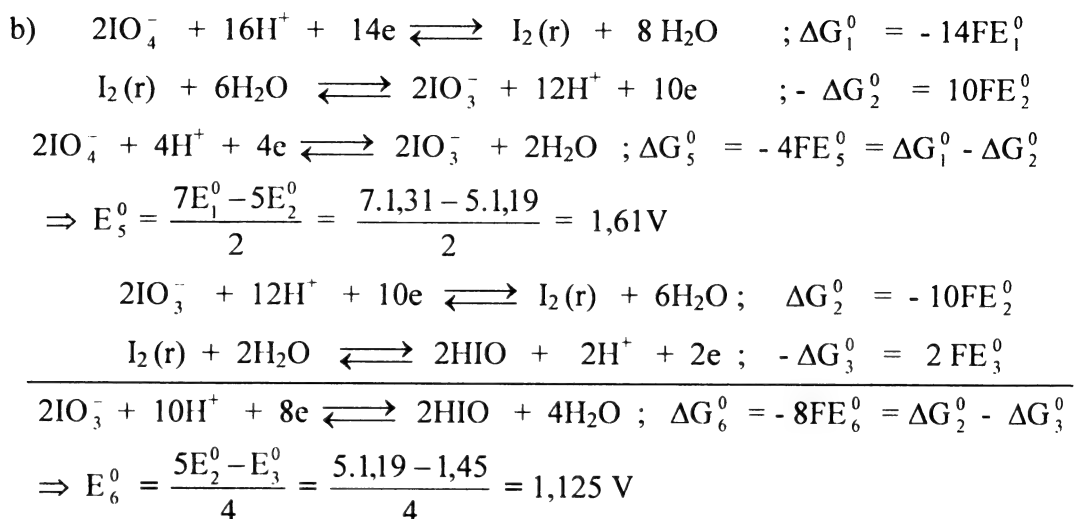
Nồng độ  $\text{I}^-$  sẽ tăng lên, do đó nồng độ  $\text{Ag}^+$  giảm xuống.  $E_1$  cũng giảm  $\Rightarrow E_{\text{pin}}$  tăng.

β) Thêm ít  $\text{Fe}^{3+}$  vào dung dịch X:  $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightarrow \text{FeSCN}^{2+}$

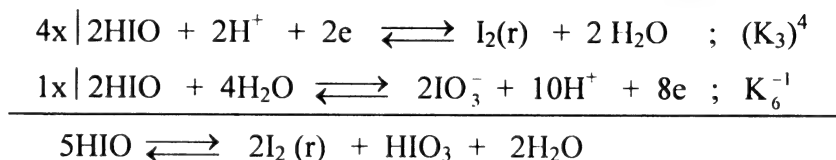
Nồng độ ion  $\text{SCN}^-$  giảm, do đó nồng độ ion  $\text{Ag}^+$  tăng,  $E_2$  tăng  $\Rightarrow E_{\text{pin}}$  tăng.

22.





c) Vì  $E_6^0 < E_3^0$  nên ở pH = 0 HIO tự phân huỷ theo phản ứng:



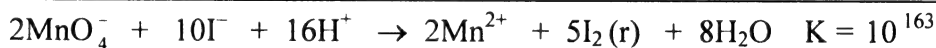
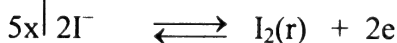
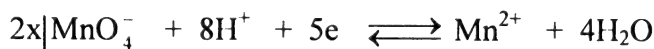
$$\Rightarrow K = (K_3)^4 \cdot K_6^{-1} = 10^{\frac{4(1,45 - 1,125)}{0,059}} = 10^{22}$$

Vậy dạng kém bền nhất về mặt nhiệt động học là HIO, các dạng khác:

$\text{IO}_4^-$ ,  $\text{IO}_3^-$ ,  $\text{I}_2$ ,  $\text{I}^-$  đều bền ở pH = 0.

d) α) Thành phần của hỗn hợp sau phản ứng:

$E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 = 1,51\text{V} > E_4^0 = 0,54\text{V}$  ( $E_4^0$  nhỏ nhất) nên đầu tiên sẽ xảy ra phản ứng:

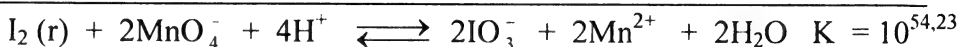
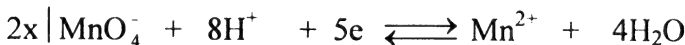
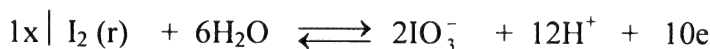


$C_0$ : 0,24 0,4

$\Delta C$ : -0,04.2 -0,04.10 0,04.2 0,04.5

$C$ : 0,16 0 0,08 0,2

$\text{MnO}_4^-$  còn dư sẽ oxi hoá tiếp  $\text{I}_2$  thành  $\text{IO}_3^-$  vì  $E_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}}^0 = 1,51\text{V} > E_2^0 = 1,19\text{V}$





$$C_0: 0,2 \quad 0,16$$

$$\Delta C: -0,08 \quad 0,16 \quad 0,16 \quad 0,16$$

$$C: 0,12 \quad 0$$

Thành phần hỗn hợp sau phản ứng:

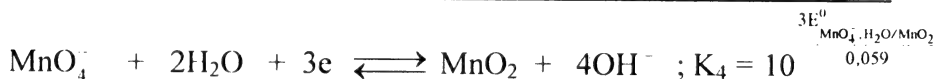
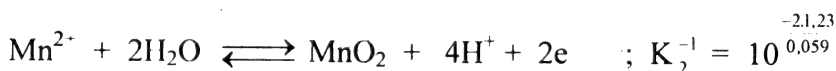
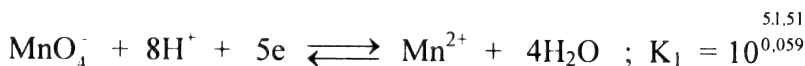
$$\text{IO}_3^- 0,16 \text{ M}; \text{Mn}^{2+} 0,24 \text{ M}; \text{I}_2 (\text{H}_2\text{O}) 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}; \text{I}_2 (\text{r}) 0,12 \text{ M}; \text{pH} = 0.$$

β) Trong hỗn hợp có cặp  $\text{IO}_3^- / \text{I}_2 (\text{r})$  nên:

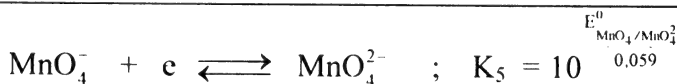
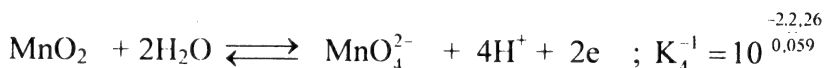
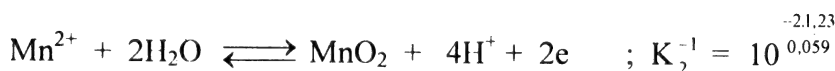
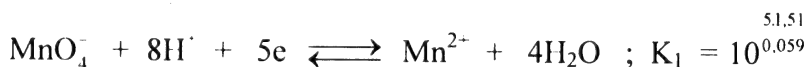
$$E = E_2^0 + \frac{0,059}{10} \lg [\text{IO}_3^-]^2 [\text{H}^+]^{12} = 1,19 + \frac{0,059}{10} \lg (0,16)^2 = 1,18 \text{ V}$$

$$E \text{ so với điện cực calomen bão hoà: } 1,18 - 0,244 = 0,936 \text{ V}$$

23. a) Tính  $E_{\text{MnO}_4^-, \text{H}_2\text{O} / \text{MnO}_2}^0$  và  $E_{\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_4^{2-}}^0$ .



$$\Rightarrow K_4 = K_1 K_2^{-1} K_w^4 \Rightarrow E_{\text{MnO}_4^-, \text{H}_2\text{O} / \text{MnO}_2}^0 = \frac{5,1,51 - 2,1,23 - 14 \cdot 4 \cdot 0,059}{3} = 0,59 \text{ V}$$



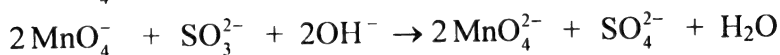
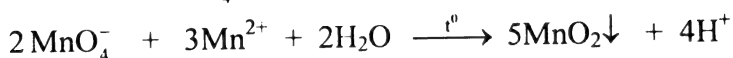
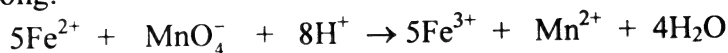
$$\Rightarrow K_5 = K_1 K_2^{-1} K_4^{-1} \Rightarrow E_{\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_4^{2-}}^0 = \frac{5,1,51 - 2,1,23 - 2,2,26}{1} = 0,57 \text{ V}$$

b) Ta thấy:  $E_{\text{MnO}_4^-, \text{H}^+ / \text{Mn}^{2+}}^0 > E_{\text{MnO}_4^-, \text{H}_2\text{O} / \text{MnO}_2}^0 > E_{\text{MnO}_4^- / \text{MnO}_4^{2-}}^0 \Rightarrow$  Khả năng oxi hóa của  $\text{MnO}_4^-$  mạnh nhất trong môi trường axit và yếu nhất trong môi trường kiềm, bởi vì:

$$E_{\text{MnO}_4^-, \text{H}^+ / \text{Mn}^{2+}} = E_{\text{MnO}_4^-, \text{H}^+ / \text{Mn}^{2+}}^0 + \frac{0,059}{5} \lg \frac{[\text{MnO}_4^-][\text{H}^+]^8}{[\text{Mn}^{2+}]}$$

Do đó, khi pH tăng,  $[H^+]$  giảm, tính oxi hóa của  $MnO_4^-$  giảm.

c) Các phản ứng minh họa khả năng oxi hóa của  $MnO_4^-$  phụ thuộc vào pH của môi trường:



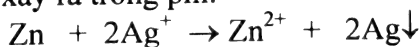
**24.**

a)  $\ominus Zn | Zn(NO_3)_2 \text{ } 0,1M || AgNO_3 \text{ } 0,1M | Ag \oplus$

b) Tại cực âm  $\ominus$  (anôt):  $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e$

Tại cực dương  $\oplus$  (catôt):  $Ag^+ + e \rightarrow Ag$

Phản ứng xảy ra trong pin:



c) Áp dụng phương trình Nernst cho hai điện cực:

$$E_{Zn^{2+}/Zn} = E_{Zn^{2+}/Zn}^0 + \frac{0,059}{2} \lg C_{Zn^{2+}} = -0,76 + \frac{0,059}{2} \lg 0,1 = -0,7895V$$

$$E_{Ag^+/Ag} = E_{Ag^+/Ag}^0 + \frac{0,059}{1} \lg C_{Ag^+} = 0,80 + \frac{0,059}{1} \lg 0,1 = 0,741V$$

$$\Rightarrow E_{pin} = E_{Ag^+/Ag} - E_{Zn^{2+}/Zn} = 0,741 - (-0,7895) = 1,53V$$

d) Khi pin đã hết điện tức là:  $E = 0$

$$\Rightarrow \lg \frac{[Ag^+]^2}{[Zn^{2+}]} = \frac{2(E_{Zn^{2+}/Zn}^0 - E_{Ag^+/Ag}^0)}{0,059} = -52,88 \Rightarrow \frac{[Ag^+]^2}{[Zn^{2+}]} = 10^{-52,88}$$



$$C: \quad \quad \quad 0,1 \quad \quad \quad 0,1$$

$$[ ]: \quad \quad (0,1 - 2x) \quad (0,1 + x)$$

$$\Rightarrow \frac{[Ag^+]^2}{[Zn^{2+}]} = \frac{(0,1 - 2x)^2}{0,1 + x} = 10^{-52,88} \Rightarrow 0,1 - 2x \approx 0 \Rightarrow x = 0,05M$$

Vậy:

$$[Zn^{2+}] = 0,1 + 0,05 = 0,15M$$

$$[Ag^+] = \sqrt{\frac{10^{-52,88}}{0,15}} = 9,37 \cdot 10^{-27} M$$

**25.**  $Cu + Br_2 \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2Br^-$

$$\Rightarrow E_{phản ứng}^0 = E_{Br_2/2Br^-}^0 - E_{Cu^{2+}/Cu}^0 = 1,09 - 0,34 = 0,75V$$

$$\Rightarrow \lg K = \frac{nE^0}{0,059} = \frac{2 \cdot 0,75}{0,059} = 25 \Rightarrow K = 10^{25}$$

**A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO**

**I. NHÓM HALOGEN TRONG BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ**

Nhóm VIIA trong bảng tuần hoàn gồm 5 nguyên tố : Flo (ô số 9, chu kì 2), clo (ô số 17, chu kì 3), brom (ô số 35, chu kì 4), iot (ô số 53, chu kì 5) và astatin (ô số 85, chu kì 6).

Astatin không gặp trong tự nhiên. Nó được điều chế nhân tạo bằng các phản ứng hạt nhân. Astatin được nghiên cứu trong nhóm các nguyên tố phóng xạ. Như vậy, nhóm halogen được nghiên cứu ở đây bao gồm flo, clo, brom và iot

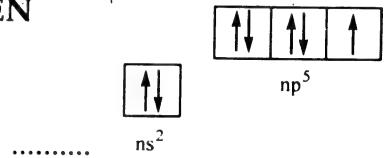
**II. CẤU HÌNH ELECTRON VÀ CẤU TẠO PHÂN TỬ CỦA CÁC NGUYÊN TỐ TRONG NHÓM HALOGEN**

Cấu hình electron lớp ngoài cùng của các nguyên tử các halogen là  $ns^2np^5$  (n là số thứ tự của lớp ngoài cùng).

Từ flo đến iot, số lớp electron tăng dần và electron lớp ngoài cùng càng xa hạt nhân hơn.

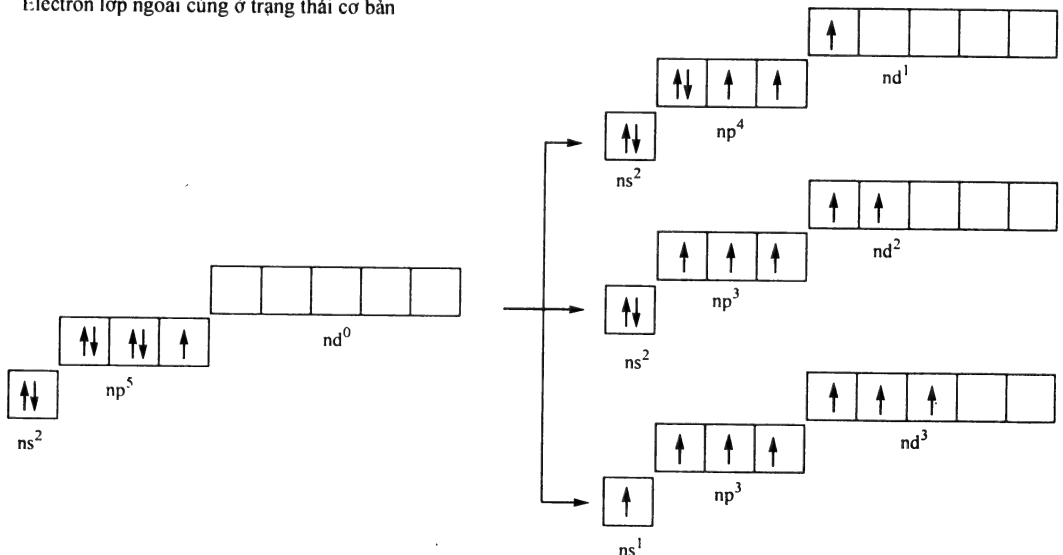
Ở trạng thái cơ bản, các nguyên tử halogen đều có một electron độc thân.

Lớp electron ngoài cùng của nguyên tử flo là lớp thứ hai nên không có phân lớp d. Nguyên tử clo, brom và iot có phân lớp d còn trống, khi được kích thích 1, 2 hoặc 3 electron có thể chuyển đến những obitan còn trống :



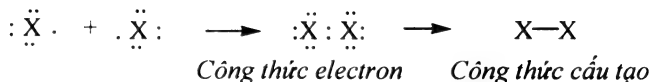
Electron lớp ngoài cùng ở trạng thái cơ bản

Electron lớp ngoài cùng ở trạng thái kích thích



Như vậy, ở trạng thái kích thích, nguyên tử clo, brom hoặc iot có thể có 3, 5 hoặc 7 electron độc thân. Điều này giải thích khả năng tồn tại các trạng thái oxi hoá của clo, brom, iot.

Đơn chất halogen không phải là những nguyên tử riêng rẽ mà là những phân tử: Hai nguyên tử halogen X kết hợp với nhau bằng liên kết cộng hoá trị tạo thành phân tử  $X_2$ .



Năng lượng liên kết X-X của phân tử  $X_2$  không lớn (từ 151 đến 243 kJ/mol) nên các phân tử halogen tương đối dễ tách thành hai nguyên tử.

### III. KHÁI QUÁT VỀ TÍNH CHẤT CỦA CÁC HALOGEN

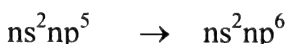
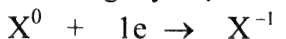
#### 1. Tính chất vật lí

Ở điều kiện thường: Flo là chất khí, màu lục nhạt ; clo là chất khí, màu vàng lục ; brom là chất lỏng, màu nâu đỏ ; iot là chất rắn, màu đen tím.

Flo không tan trong nước vì nó phân huỷ nước rất mạnh. Các halogen khác tan tương đối ít trong nước và tan nhiều trong một số dung môi hữu cơ.

#### 2. Tính chất hoá học

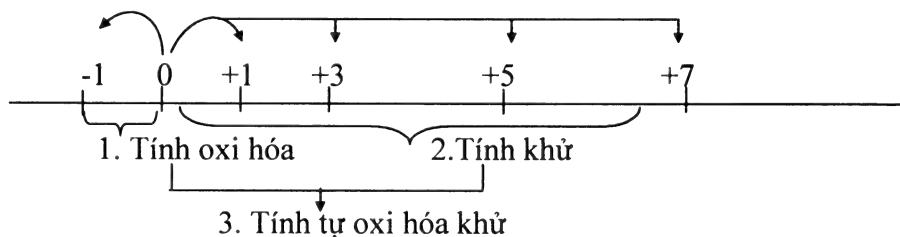
Nhóm halogen với 7 electron ở lớp ngoài cùng và độ âm điện lớn, nguyên tử halogen X dễ dàng lấy một electron tạo ra  $X^-$  có cấu hình khí trơ bền vững.



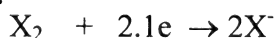
Halogen là những phi kim điển hình, chúng là những chất oxi hoá xi hoá mạnh. Khả năng oxi hoá giảm dần từ flo đến iot.

Trong các hợp chất, flo luôn có số oxi hoá - 1, các halogen khác ngoài số oxi hoá -1 còn có các số oxi hoá +1, +3, +5, +7.

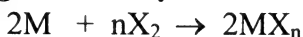
Ở dạng đơn chất, các halogen tồn tại dưới dạng phân tử  $X_2$ . Có bậc oxi hóa trung gian là 0. Nên nó vừa thể hiện tính oxi hóa vừa thể hiện tính khử.



#### 2.1. Tính oxi hóa mạnh



a) **Tác dụng với kim loại** → muối halogenua

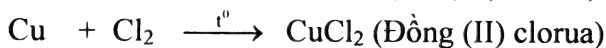
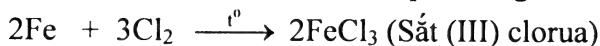


(n: là hóa trị cao nhất của kim loại M)

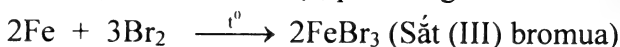
-  $F_2$ : Oxi hóa được tất cả các kim loại.



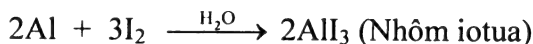
-  $\text{Cl}_2$ : Oxi hóa được hầu hết các kim loại, phản ứng cần đun nóng.



-  $\text{Br}_2$ : Oxi hóa được nhiều kim loại, phản ứng cần đun nóng.

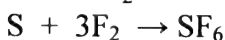
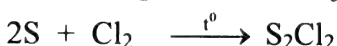
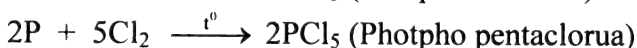


-  $\text{I}_2$ : Oxi hóa được nhiều kim loại, phản ứng chỉ xảy ra khi đun nóng hoặc khi có mặt của chất xúc tác.

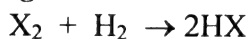


### **b) Tác dụng với phi kim**

Các halogen tác dụng được với hầu hết các phi kim trừ  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ , C (kim cương).

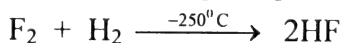


### **c) Tác dụng với hiđro** $\rightarrow$ khí hiđrohalogenua.

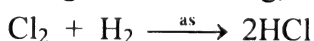


Khả năng phản ứng giảm dần từ  $\text{F}_2 \rightarrow \text{I}_2$

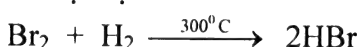
-  $\text{F}_2$ : Phản ứng ngay trong bóng tối, ở  $t^0 = -252^0\text{C}$ , gây nổ mạnh.



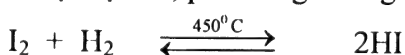
-  $\text{Cl}_2$ : Phản ứng cần chiếu sáng, nổ mạnh.



-  $\text{Br}_2$ : Cần nhiệt độ cao.

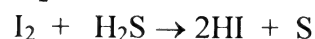
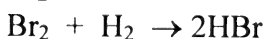
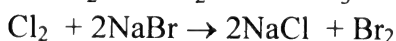
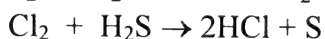
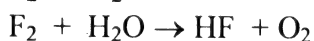
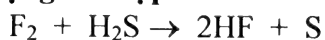


-  $\text{I}_2$ : Cần nhiệt độ cao, phản ứng không hoàn.

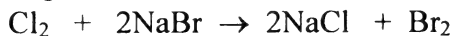


**Chú ý:** Khí HX tan trong nước tạo ra dung dịch axit HX, đều là các dung dịch axit mạnh (trừ HF).

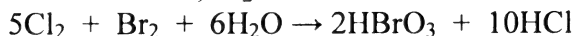
### **d) Tác dụng với hợp chất có tính khử**



**Chú ý:** - Halogen có tính ôxi hóa mạnh hơn đẩy được halogen có tính ôxi hóa yếu hơn ra khỏi dung dịch muối (trừ  $F_2$ ). Thí dụ :

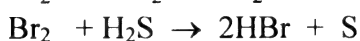
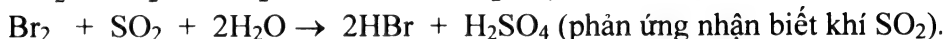
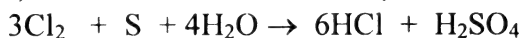


Nếu NaBr hết,  $Cl_2$  còn



Mà xảy ra phản ứng :  $F_2 + H_2O \rightarrow 2HF + O_2 \uparrow$

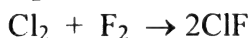
- Nước clo, brom có tính ôxi hóa rất mạnh



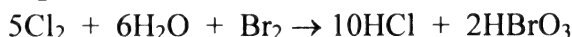
## 2.2. Tính khử

Theo dãy:  $F_2 - Cl_2 - Br_2 - I_2$  tính khử tăng dần.

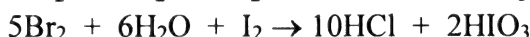
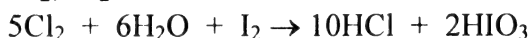
-  $Cl_2$  : Khử được  $F_2$ .



-  $Br_2$  : Khử được  $Cl_2$ .



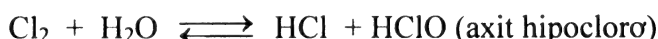
-  $I_2$  : Khử được  $Cl_2, Br_2$ .



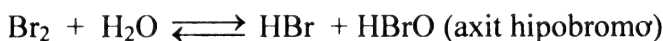
## 2.3. Tính tự ôxi hóa - khử.

### a) Với $H_2O$ .

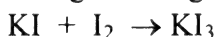
-  $Cl_2$  : Phản ứng không hoàn toàn ở nhiệt độ thường



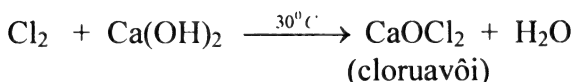
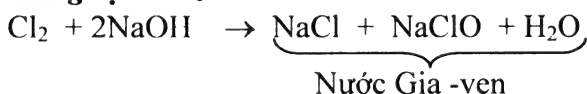
-  $Br_2$  : Phản ứng ở nhiệt độ thường, chậm hơn clo.



-  $I_2$  : Hầu như không tan trong nước nhưng tan trong dung dịch iotua kim loại kiềm:



### b) Với dung dịch bazơ

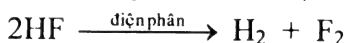


**Chú ý:** Nước Gia - ven, clorua vôi đều là chất oxi hóa mạnh, tác nhân oxi hóa là  $\text{Cl}^{+1}$ . Chúng có tính tẩy màu và sát trùng.

## IV. ĐIỀU CHẾ

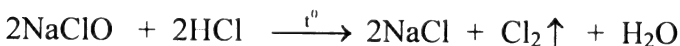
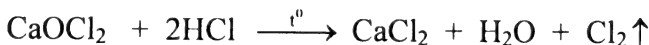
### 1. Điều chế $\text{F}_2$

Vì  $\text{F}_2$  có tính oxi hóa mạnh nhất, nên muốn chuyển  $\text{F}^-$  thành  $\text{F}_2$  phải điện phân hỗn hợp  $\text{KF} + \text{HF}$  (không có mặt  $\text{H}_2\text{O}$ ).

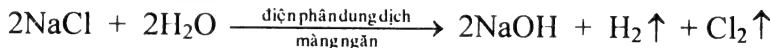


### 2. Điều chế $\text{Cl}_2$

**a) Trong phòng thí nghiệm:** Cho axit  $\text{HCl}$  đặc (hay hỗn hợp  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$  đặc), tác dụng với các chất oxi hóa mạnh như  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{CaOCl}_2$ ,  $\text{NaClO}$ , ....



**b) Trong công nghiệp:** Điện phân dung dịch  $\text{NaCl}$ , có màng ngăn.

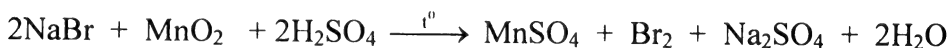
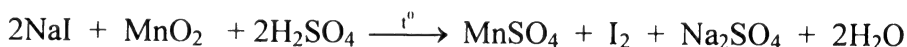


Nếu không có màng ngăn thì khí clo thoát ra sẽ phản ứng với  $\text{NaOH}$  tạo ra nước Gia - ven.

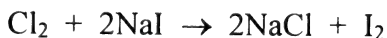
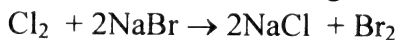


### 3. Điều chế $\text{Br}_2$ , $\text{I}_2$

**a) Trong phòng thí nghiệm:** Dùng chất oxi hóa mạnh như  $\text{MnO}_2$  oxi hóa ion  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$  trong môi trường axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

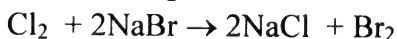


Hoặc: Có thể điều chế  $\text{Br}_2$ ,  $\text{I}_2$  bằng cách dùng  $\text{Cl}_2$  (vừa đủ) oxi hóa ion  $\text{I}^-$ ,  $\text{Br}^-$ .



**b) Trong công nghiệp:**

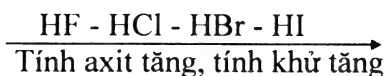
- Nguồn chính để sản xuất  $\text{Br}_2$  trong công nghiệp nước biển và nước hồ muối, được axit hóa bằng  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , sau đó cho khí  $\text{Cl}_2$  (vừa đủ) sục qua.



- Nguồn chính để sản xuất  $\text{I}_2$  trong công nghiệp là rong biển và nước của lỗ khoan dầu mỏ.

## V. HỢP CHẤT HIĐROHALOGENUA VÀ AXIT HALOGENIC

Theo dãy:



### 1. Tính axit

Ở điều kiện thường các HX đều là chất khí, dễ tan trong nước cho ra dung dịch axit HX.

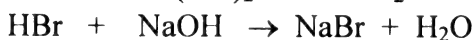
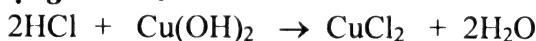
Vì độ bền của liên kết H - X giảm dần từ H - F đến H - I, độ mạnh của axit HX tăng dần từ HF (axit yếu) đến HI. Các axit HCl, HBr, HI đều là các axit mạnh, trong nước phân li hoàn toàn.



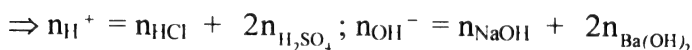
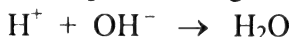
⇒ Các axit HCl, HBr, HI thể hiện đầy đủ tính chất của một axit mạnh.

- **Làm quỳ tím hóa đỏ**

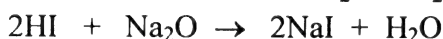
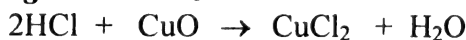
- **Tác dụng với bazơ → muối + nước**



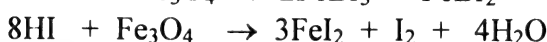
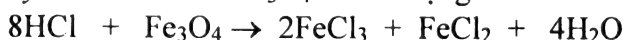
**Chú ý:** Nếu có hỗn hợp nhiều axit (chẳng hạn  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ) tác dụng với hỗn hợp nhiều bazơ (chẳng hạn  $\text{NaOH} + \text{Ba}(\text{OH})_2$ ) thì để đơn giản ta nên thay hỗn hợp axit bằng  $\text{H}^+$  và hỗn hợp bazơ bằng  $\text{OH}^-$ .



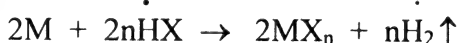
- **Tác dụng với oxit bazơ → muối + nước**



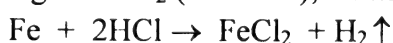
**Chú ý:** Với oxit bazơ  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  khi tác dụng với axit HX (X: Cl, Br) tạo ra hai muối.



- **Tác dụng với kim loại → Muối có hóa trị thấp +  $\text{H}_2$**



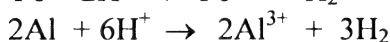
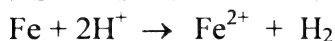
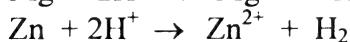
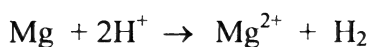
M đứng trước  $\text{H}_2$  (K → Pb); n: hóa trị thấp của M.



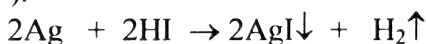
**Chú ý:** • Nếu có hỗn hợp nhiều axit (chẳng hạn  $\text{HCl} + \text{H}_2\text{SO}_4$ ) tác dụng với hỗn hợp nhiều kim loại (chẳng hạn Na, Mg, Zn, Fe, Al) thì để đơn giản ta nên thay hỗn hợp axit bằng  $\text{H}^+$ .



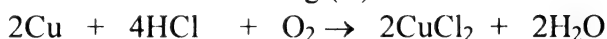




- Ag có thể tác dụng được với dung dịch HI giải phóng  $\text{H}_2$ , do kết tủa AgI khá bền ( $K_S = 10^{-16}$ ).



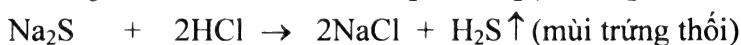
- Cu không tác dụng với dung dịch HCl. Tuy vậy với sự có mặt của oxi không khí, Cu bị oxi hóa thành muối đồng (II):



### - Tác dụng với dung dịch muối

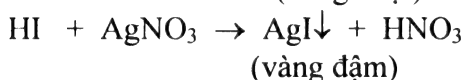
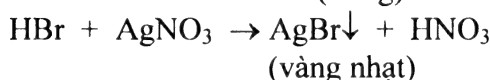
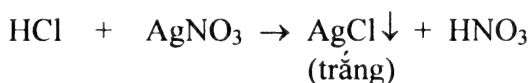
Có hai kiểu phản ứng

- Do quan hệ đẩy: axit mạnh đẩy axit yếu hơn ra khỏi muối



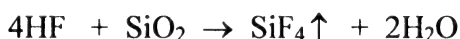
- Phản ứng trao đổi.

Muối tham gia phải tan, sản phẩm tạo thành phải có chất kết tủa không tan trong axit sinh ra.



Riêng HF không phản ứng với dung dịch  $\text{AgNO}_3$  do muối AgF tan trong nước.

*Chú ý:* HF có tính chất đặc biệt là ăn mòn thủy tinh ( $\text{SiO}_2$ ).



Phản ứng trên được dùng để khắc thủy tinh.

## 2. Tính khử

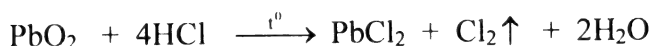
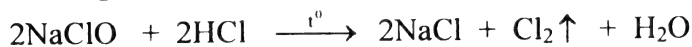
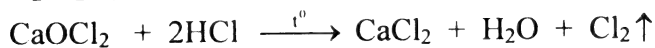
Trong phân tử HX, số oxi hóa của X là -1, thấp nhất  $\Rightarrow$  thể hiện tính khử.

Theo dãy: HF - HCl - HBr - HI  $\Rightarrow$  tính khử của các HX tăng dần do độ bền liên kết H - X giảm dần (vì  $d_{\text{H-X}}$  tăng)  $\Rightarrow$  độ bền phân tử giảm dần.

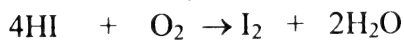
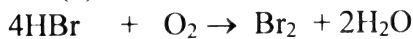
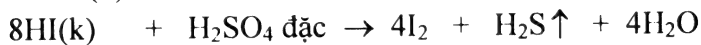
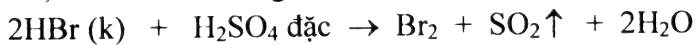
- HF: Không thể hiện tính khử ở điều kiện thường, chỉ có thể oxi hóa bằng dòng điện. Vì phân tử HF rất bền.

- HCl: Khi đặc, thể hiện tính khử yếu, chỉ tác dụng với các chất oxi hóa mạnh như:  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{CaOCl}_2$ ,  $\text{NaClO}$  ... vì phân tử HCl tương đối bền.

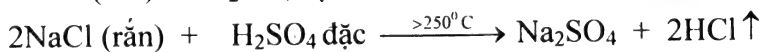
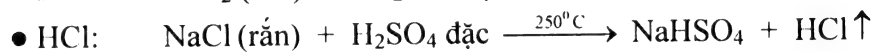




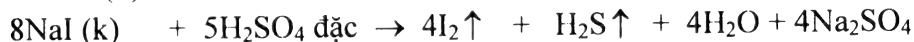
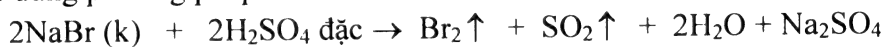
- HBr, HI: Đây là những chất khử mạnh, vì phân tử tương đối kém bền.



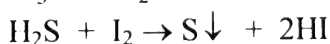
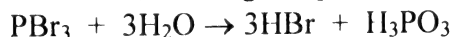
### 3. Điều chế HX



- HBr, HI: Vì hai axi này có tính khử mạnh, phản ứng với  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc nên không thể dùng phương pháp sunfat để điều chế như điều chế HF và HCl.



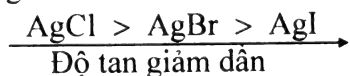
Có thể điều chế HBr, HI bằng các phản ứng :



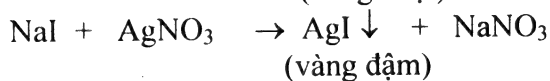
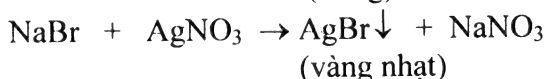
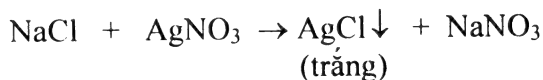
### 4. Muối halogenua

- Các halogenua kim loại đều tan nhiều trong nước trừ halogenua của  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Pb}^+$ ,  $\text{Hg}(\text{I})$ .

Độ tan này giảm dần từ clorua đến ioda.



- Nhận biết ion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$ : Dùng dung dịch muối  $\text{Ag}^+$  (thường là  $\text{AgNO}_3$ ) làm thuốc thử.



## 5. Các hợp chất chứa oxi của halogen

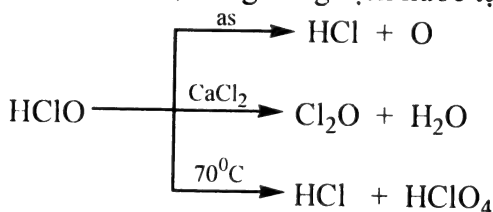
Oxit	Axit tương ứng	Muối
+1	+1	+1
$\text{Cl}_2\text{O}$ (Điclo oxit)	$\text{HClO}$ (Axit hipoclorơ)	$\text{NaClO}$ (Natri hipoclorit)
+3	+3	+3
$\text{Cl}_2\text{O}_3$ (Điclo trioxit)	$\text{HClO}_2$ (Axit clorơ)	$\text{NaClO}_2$ (Natri clorit)
+5	+5	+5
$\text{Cl}_2\text{O}_5$ (Điclo pentaoxit)	$\text{HClO}_3$ (Axit cloric)	$\text{KClO}_3$ (Kali clorat)
+7	+7	+7
$\text{Cl}_2\text{O}_7$ (Điclo heptaoxit)	$\text{HClO}_4$ (Axit pecloric)	$\text{KClO}_4$ (Kali peclorat)

### a) Axit hipoclorơ ( $\text{HClO}$ ) và hipoclorit ( $\text{ClO}^-$ )

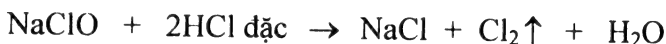
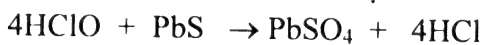
- $\text{HClO}$  là axit yếu ( $K_a = 5 \cdot 10^{-8}$ ), yếu hơn  $\text{H}_2\text{CO}_3$



- Độ bền phân tử rất kém, trong dung dịch nước tự phân hủy theo 3 hướng:



- $\text{HClO}$  và  $\text{ClO}^-$  đều có tính oxi hóa rất mạnh



### b) Axit clorơ ( $\text{HClO}_2$ ) và clorit ( $\text{ClO}_2^-$ )

- $\text{HClO}_2$  kém bền, chỉ tồn tại trong dung dịch nước.
- Tính axit và tính oxi hóa của  $\text{HClO}_2$  nằm giữa  $\text{HClO}$  và  $\text{HClO}_3$ .
- Muối clorit ( $\text{NaClO}_2$ ,  $\text{KClO}_2$ , ...) có nguyên tử clo số oxi hóa +3 nên kém bền, tẩy trắng được vải sợi.

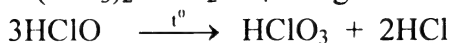
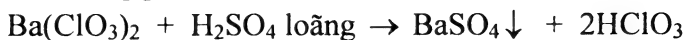
### c) Axit cloric ( $\text{HClO}_3$ ) và clorat ( $\text{ClO}_3^-$ )

- $\text{HClO}_3$  là axi khá mạnh (như  $\text{HNO}_3$ ), tan nhiều trong nước.
- Phân tử  $\text{HClO}_3$  kém bền, tồn tại trong dung dịch nước đến 40%, tự phân hủy khi đun nóng:

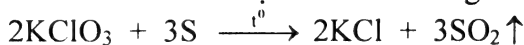


- $\text{HClO}_3$  là chất oxi hóa mạnh (clo có số oxi hóa +5)

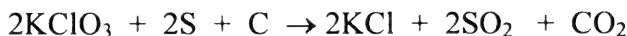
- Điều chế  $\text{HClO}_3$  bằng phản ứng trao đổi hoặc nhiệt phân:



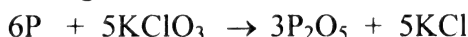
- Muối clorat có tính oxi hóa mạnh khi đun nóng:



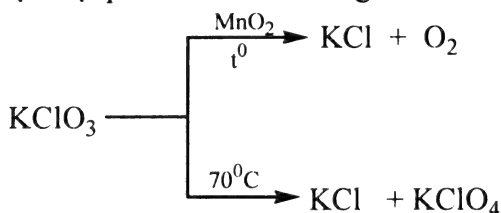
- Hỗn hợp  $\text{KClO}_3 + \text{S} + \text{C}$  là thuốc nổ đen:



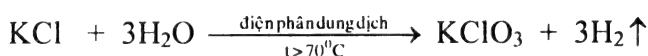
- $\text{KClO}_3$  được dùng làm thuốc diêm:



- $\text{KClO}_3$  bị nhiệt phân theo hai hướng:



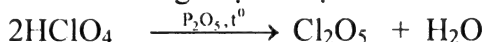
- Điều chế  $\text{KClO}_3$ :



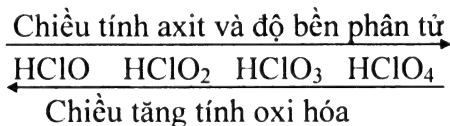
#### d) Axit pecloric ( $\text{HClO}_4$ ) và peclorat ( $\text{ClO}_4^-$ )

- $\text{HClO}_4$  là axit mạnh hàng đầu, tan nhiều trong nước.

- Bị nhiệt phân khi đun nóng nhẹ có mặt của chất hút nước như  $\text{P}_2\text{O}_5$ :

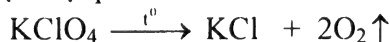


- Axit  $\text{HClO}_4$  trên 70% có tính oxi hóa mạnh, làm chất hữu cơ bốc cháy. So với các axit  $\text{HClO}$ ,  $\text{HClO}_2$  và  $\text{HClO}_3$  thì  $\text{HClO}_4$  có tính oxi hóa yếu hơn vì độ bền phân tử lớn hơn:

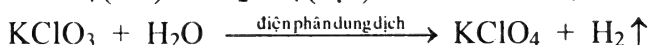
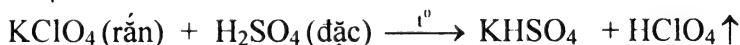


- Tính oxi hóa  $\text{ClO}_4^-$  thể hiện khi nóng trong môi trường axit mạnh.

- Muối peclorat bị nhiệt phân khó hơn muối clorat.



- Điều chế  $\text{HClO}_4$ :



## B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP

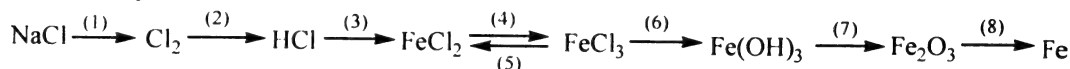
### DẠNG 1: HOÀN THÀNH CÁC PHƯƠNG TRÌNH HÓA HỌC THEO SƠ ĐỒ CHUYỂN HÓA VÀ ĐIỀU CHẾ

**Phương pháp:** Yêu cầu học sinh nắm vững tính chất hóa học, phương pháp điều chế các halogen và hợp chất của các halogen.

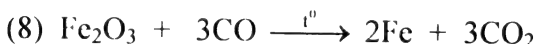
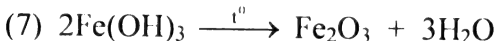
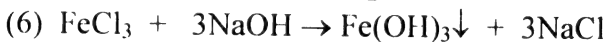
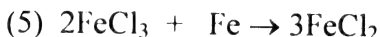
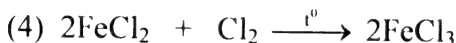
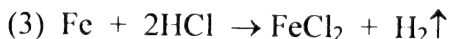
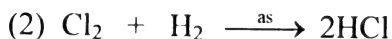
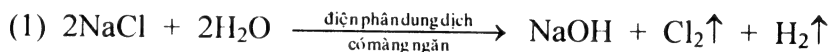
**Ví dụ 1:** Cho các chất: NaCl, Cl<sub>2</sub>, Fe, HCl, FeCl<sub>2</sub>, FeCl<sub>3</sub>, Fe(OH)<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Thiết lập sơ đồ biểu diễn mối liên hệ giữa các chất trên. Viết phương trình hóa học theo sơ đồ chuyển hóa đó.

#### Giải

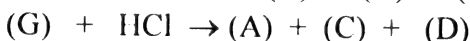
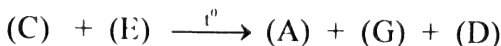
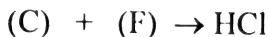
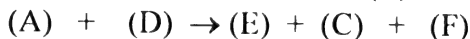
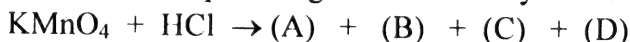
Sơ đồ chuyển hóa:



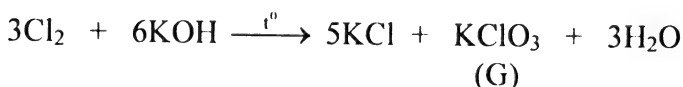
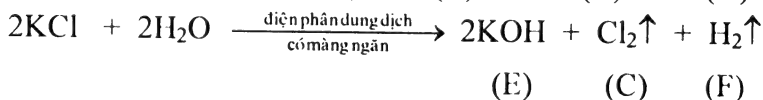
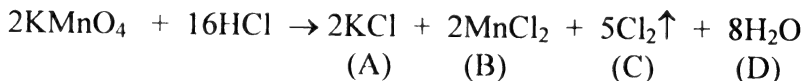
Các phương trình hóa học:



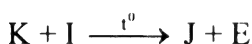
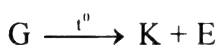
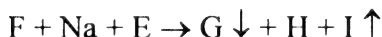
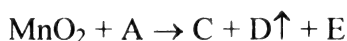
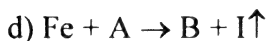
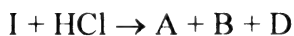
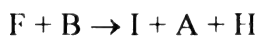
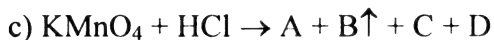
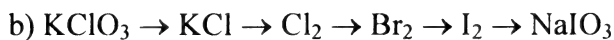
**Ví dụ 2:** Hoàn thành các phản ứng theo sơ đồ chuyển hóa:



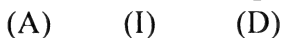
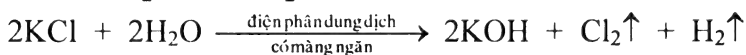
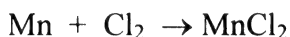
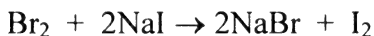
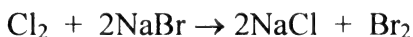
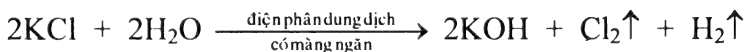
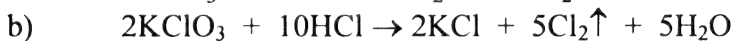
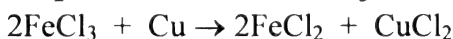
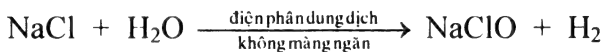
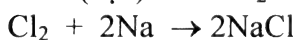
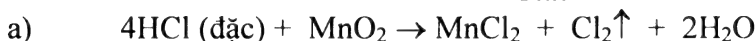
#### Giải

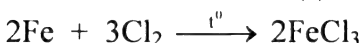
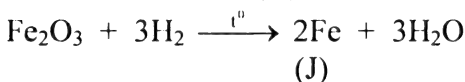
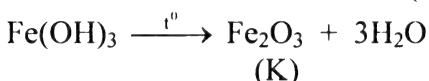
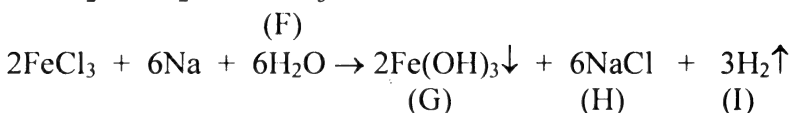
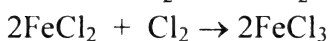
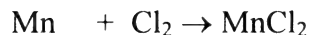
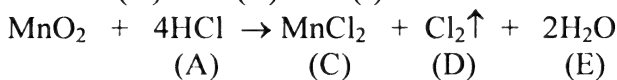
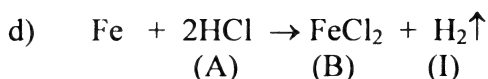


**Ví dụ 3:** Hoàn thành các phản ứng sau theo sơ đồ:

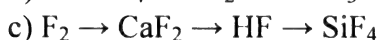
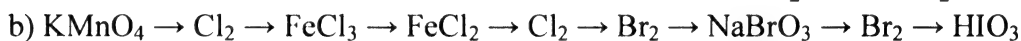
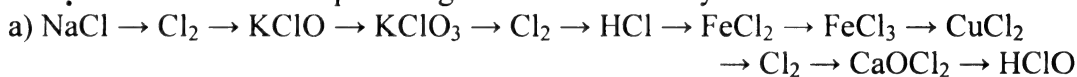


***Giải***

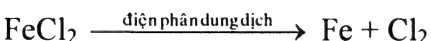
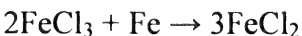
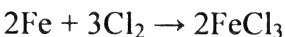
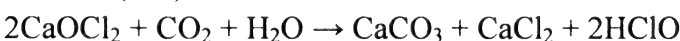
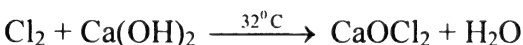
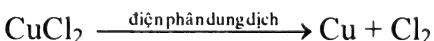
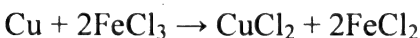
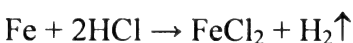
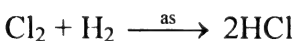
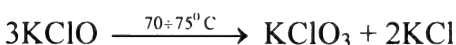
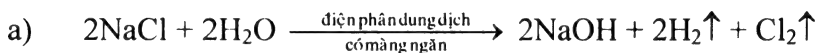


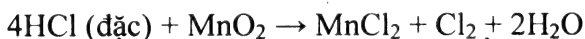
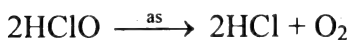
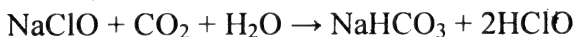
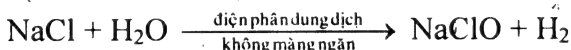
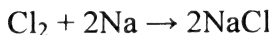
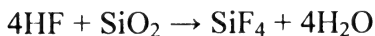
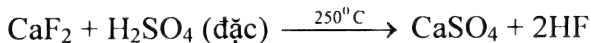
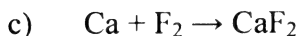
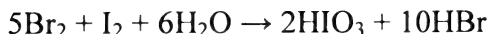
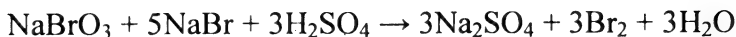
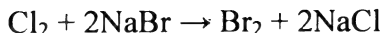


**Ví dụ 4:** Hoàn thành các phản ứng sau theo sơ đồ chuyển hoá:



***Giải***

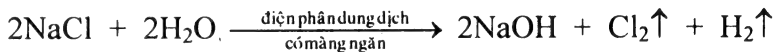




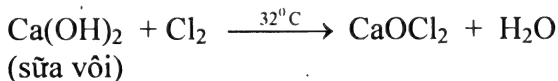
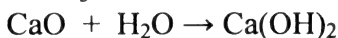
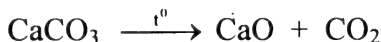
**Ví dụ 5:** Từ nguyên liệu ban đầu là muối ăn, nước, đá vôi và các điều kiện cần thiết khác. Hãy viết các phương trình hoá học điều chế: Nước Gia - ven, clorua vôi, natri clorat.

### Giải

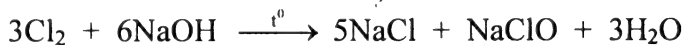
- Điều chế nước Gia-ven:



- Điều chế nước clorua vôi:



- Điều chế natri clorat:



**Ví dụ 6:** Viết 5 phương trình phản ứng hoá học trực tiếp tạo ra :

a) NaCl

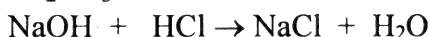
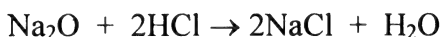
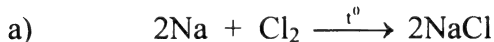
b) FeCl<sub>2</sub>

c) HCl

d) NaBr

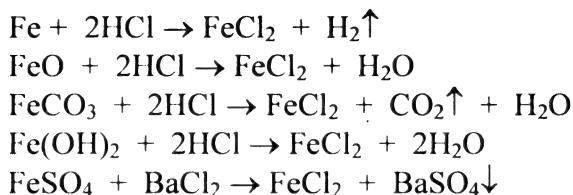
e) Br<sub>2</sub>

### Giải

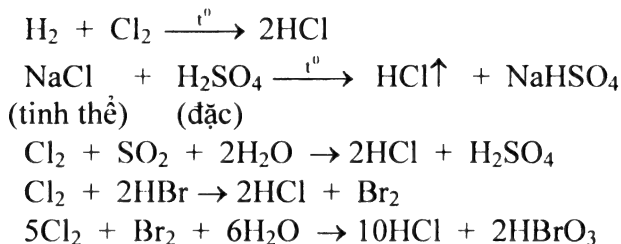




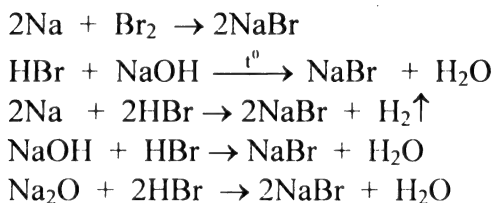
b)



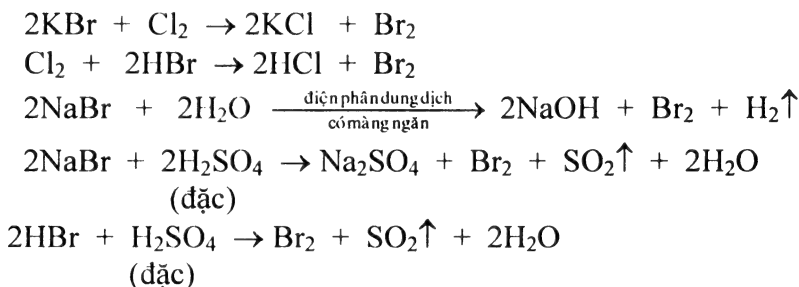
c)



d)



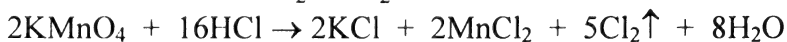
e)



**Ví dụ 7:** Từ các chất ban đầu:  $\text{KMnO}_4$ , dung dịch  $\text{HCl}$  đặc,  $\text{Fe}$ . Có thể điều chế được những khí gì?

**Giải**

Có thể điều chế được  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{HCl}$



Đun nóng dung dịch  $\text{HCl}$  đặc thu được khí  $\text{HCl}$ :



## **DẠNG 2: GIẢI THÍCH HIỆN TƯỢNG**

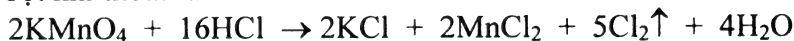
**Phương pháp :** Nắm vững hiện tượng xảy ra khi cho các chất phản ứng với nhau.

**Ví dụ 1.** Giải thích hiện tượng và viết phương trình hoá học xảy ra (nếu có) cho mỗi trường hợp sau:

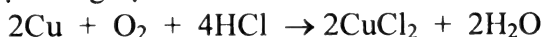
- a) Cho bột  $\text{KMnO}_4$  vào dung dịch  $\text{HCl}$  đặc.
- b) Cho vài mẩu  $\text{Cu}$  vào dung dịch  $\text{HCl}$  rồi sục khí  $\text{O}_2$  liên tục vào.
- c) Cho  $\text{NaBr}$  vào dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng.
- d) Cho hồ tinh bột vào dung dịch  $\text{NaI}$  sau đó sục khí  $\text{Cl}_2$  tới dư vào.

**Giải**

- a) Có sủi bọt khí thoát ra.



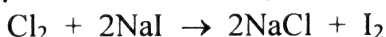
- b) Đồng tan, tạo dung dịch màu xanh lam



- c) Có sủi bọt khí thoát ra, tạo dung dịch màu nâu đỏ.



- d) Dung dịch có màu xanh tím, sau đó mất màu.



$\text{I}_2$  + hồ tinh bột  $\rightarrow$  dung dịch màu xanh



**Ví dụ 2.** Giải thích tại sao trong không khí (có chứa khí  $\text{CO}_2$ ) nước Gia - ven có tính tẩy màu và sát trùng.

**Giải**

Do tính axit của  $\text{HClO}$  yếu hơn  $\text{H}_2\text{CO}_3$  nên trong không khí có chứa khí  $\text{CO}_2$  đã xảy ra phản ứng :

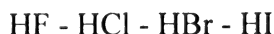


$\text{HClO}$  và  $\text{NaClO}$  đều là những chất có tính oxi hoá rất mạnh (tác nhân oxi hoá  $\text{Cl}^{+1}$ ) có khả năng phản ứng với các hợp chất màu. Chuyển các hợp chất này từ có màu trở thành các hợp chất không màu.

**Ví dụ 3.** So sánh (có giải thích) độ bền, tính khử, tính axit của các chất sau:  $\text{HF}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HBr}$ ,  $\text{HI}$ .

**Giải**

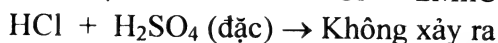
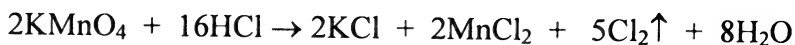
Theo dãy :



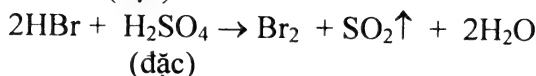
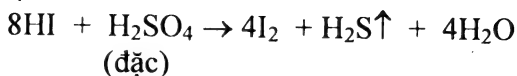
Độ bền phân tử giảm, tính khử tăng, tính axit tăng

**Giải thích:**

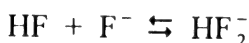
- **Độ bền:** Do bán kính nguyên tử các nguyên tử halogen tăng từ F đến I nên độ dài liên kết  $\text{H} - \text{X}$  tăng dần từ  $\text{HF}$  đến  $\text{HI}$  dẫn đến độ bền liên kết  $\text{H} - \text{X}$  giảm dần từ  $\text{H} - \text{F}$  đến  $\text{H} - \text{I}$  hay độ bền phân tử giảm dần.
- **Tính khử:** Số oxi hoá của halogen trong phân tử  $\text{HX}$  là  $-1$  (thấp nhất) nên các  $\text{HX}$  có tính khử. Tính khử giảm dần từ  $\text{HF}$  đến  $\text{HI}$  vì độ bền phân tử giảm.
- $\text{HF}$  : Không có tính khử vì phân tử  $\text{HF}$  rất bền.
- $\text{HCl}$  : Chỉ thể hiện tính khử ở nồng độ đặc và chất oxi hoá mạnh như  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ , ...



- HBr, HI : Thể hiện tính khử mạnh do phân tử kém bền. Trong đó khả năng phản ứng của HI mạnh hơn HBr.



• **Tính axit:** Khí HX khi tan vào nước tạo thành dung dịch axit HX. Do độ bền liên kết giảm dần từ HF đến HI nên khả năng phân li ra  $\text{H}^+$  tăng dần từ HF đến HI dẫn đến tính axit tăng dần. Ngoài ra, ion  $\text{F}^-$  còn có khả năng kết hợp với phân tử HF tạo ra  $\text{HF}_2^-$  làm giảm nồng độ HF dẫn đến khả năng phân li ra  $\text{H}^+$  của HF càng giảm. Thực tế, HF là axit trung bình ( $K_{\text{HF}} = 10^{-2}$ ).

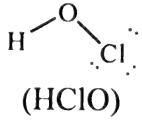
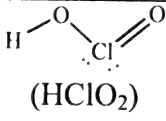
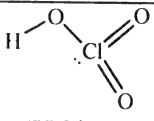
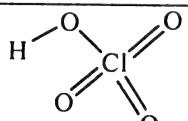


Các axit HCl, HBr, HI đều là những axit mạnh. Trong nước phân li hoàn toàn thành ion.



**Ví dụ 4.** So sánh độ bền, tính axit và tính oxi hoá của các chất sau (có giải thích) :  $\text{HClO}$ ,  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{HClO}_3$ ,  $\text{HClO}_4$

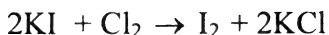
**Giải**

Cấu trúc				
	(HClO)	(HClO <sub>2</sub> )	(HClO <sub>3</sub> )	(HClO <sub>4</sub> )
Trạng thái lai hoá của nguyên tử trung tâm X	$\text{sp}^3$ không hoàn hảo	$\text{sp}^3$ không hoàn hảo	$\text{sp}^3$ không hoàn hảo	$\text{sp}^3$ hoàn hảo

- **Độ bền:** Nguyên tử trung tâm X trong phân tử  $\text{HXO}_n$  ( $n = 1; 2; 3; 4$ ) ở trạng thái lai hoá  $\text{sp}^3$  (lai hoá tứ diện). Mức độ hoàn hảo của trạng thái lai hoá  $\text{sp}^3$  tăng dần nên độ bền phân tử tăng dần từ HClO đến HClO<sub>4</sub>.
- **Tính oxi hoá:** Theo dãy :  $\text{HClO} - \text{HClO}_2 - \text{HClO}_3 - \text{HClO}_4$  thì tính oxi hoá giảm dần do độ bền phân tử tăng dần.
- **Tính axit:** Trong dãy trên, đi từ trái qua phải ta thấy số nguyên tử oxi không liên kết với hidro tăng dần từ 0 đến 3 nên độ phân cực của liên kết O-H tăng → tính axit tăng.

**Ví dụ 5.** Sục khí clo qua dung dịch kali iotua một thời gian dài, sau đó người ta cho hồ tinh bột vào thì không thấy xuất hiện màu xanh. Hãy giải thích và viết phương trình hoá học minh họa.

**Giải**



Sau một thời gian có xảy ra phản ứng:  $I_2 + 5Cl_2 + 6H_2O \rightarrow 2HIO_3 + 10HCl$

Sau phản ứng không có  $I_2$  tự do nên hồ tinh bột không chuyển sang màu xanh.

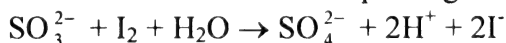
**Ví dụ 6.** Để nhận biết ion sunfit, người ta cho vào một ống nghiệm 1 đến 2 giọt dung dịch iot, 3 đến 4 giọt dung dịch A có chứa ion sunfit (1). Sau đó cho tiếp vào đó 2-3 giọt dung dịch HCl và vài giọt dung dịch  $BaCl_2$  thấy xuất hiện kết tủa B (2).

a) Nêu hiện tượng xảy ra trong các giai đoạn 1, 2 của thí nghiệm và viết phương trình hóa học để minh họa.

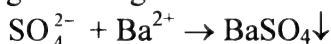
b) Cho biết tại sao thí nghiệm nhận biết ion sunfit nêu trên thường được tiến hành trong môi trường axit hoặc môi trường trung hòa, không được tiến hành trong môi trường bazơ ?

**Giải**

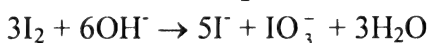
a) Ở giai đoạn (1) *màu đỏ nâu của dung dịch iot sẽ nhạt dần* do xảy ra sự oxi hoá ion sunfit thành ion sunfat theo phương trình :



Ở giai đoạn (2) *xuất hiện kết tủa màu trắng* do sự hình thành kết tủa  $BaSO_4$  không tan trong axit:



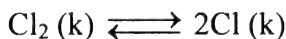
b) Không thực hiện trong môi trường kiềm vì trong môi trường kiềm sẽ xảy ra phản ứng tự oxi hoá khử của  $I_2$ :



**Ví dụ 7.** Liên kết trong phân tử  $Cl_2$  bị phá vỡ dưới tác dụng của photon có độ dài sóng  $\lambda \leq 495$  nm.

a) Dữ kiện thí nghiệm trên có giải thích được tính có màu của clo không? Tính năng lượng liên kết Cl-Cl.

b) Ở  $1227^\circ C$  và 1 atm, 3,5% phân tử  $Cl_2$  phân li thành nguyên tử. Tính  $\Delta G^0$  và  $\Delta S^0$  của phản ứng sau:



Giải thích dấu của các số liệu thu được.

c) Ở nhiệt độ nào độ phân li sẽ là 1%, áp suất của hệ vẫn là 1 atm.

**Giải**

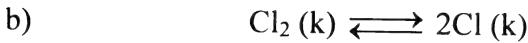
a) Sự hấp thụ tia sáng trong vùng phổ nhìn thấy ( $\lambda = 400 \div 700$  nm) là nguyên nhân có màu của clo:

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

Đối với 1 mol  $\text{Cl}_2$  thì

$$E = \frac{hc}{\lambda} N = \frac{6,63 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 6,023 \cdot 10^{23}}{495 \cdot 10^{-9}} = 242000 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow E_{\text{Cl-Cl}} = 242 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$



Cân bằng:  $1 - \alpha \quad 2\alpha \Rightarrow \Sigma n = 1 + \alpha$

$$K_p = K_n \left( \frac{P}{\Delta n} \right)^{\Delta n} = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha} \left( \frac{1}{1+\alpha} \right) = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2}$$

Vì  $\alpha = 0,035$  nên  $K_p = 4,9 \cdot 10^{-3}$ .

$$\Delta G_{1500}^0 = -RT \ln K_p = -8,314 \cdot 1500 \ln 4,9 \cdot 10^{-3} = 66327 \text{ J} > 0$$

Nghĩa là ở điều kiện chuẩn và 1500K phản ứng đi theo chiều nghịch.

$$\Delta S^0 = \frac{\Delta H^0 - \Delta G^0}{T} = \frac{242000 - 66327}{1500} = 117 \text{ JK}^{-1} > 0$$

Nghĩa là phản ứng thuận tăng entropi do tăng số mol khí.

c)  $\ln \frac{K_p(T_2)}{K_p(T_1)} = \frac{\Delta H^0}{R} \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$

$$K_p(T_2) = \frac{4\alpha^2}{1-\alpha^2} = \frac{4(0,01)^2}{1-0,01^2} = 4 \cdot 10^{-4}$$

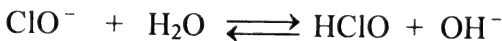
$$\Rightarrow \ln \frac{4 \cdot 10^{-4}}{4,9 \cdot 10^{-3}} = \frac{242000}{8,314} \left( \frac{1}{1500} - \frac{1}{T_2} \right) \Rightarrow T_2 \approx 1328 \text{ K tức } 1055^\circ \text{C}$$

**Ví dụ 8.** Cho phản ứng:  $\text{I}^- + \text{ClO}^- \rightarrow \text{IO}^- + \text{Cl}^-$

Thực nghiệm xác định được vận tốc của phản ứng này như sau:

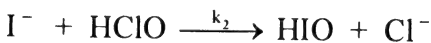
$$v = \frac{k[\text{I}^-][\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]}$$

Chứng minh rằng cơ chế sau giải thích được các dữ kiện thực nghiệm:

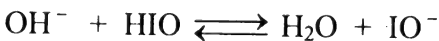


Cân bằng được xác định nhanh với hằng số cân bằng:

$$K_1 = \frac{[\text{HClO}][\text{OH}^-]}{[\text{ClO}^-]}$$



Phản ứng xảy ra chậm. \*



Cân bằng được xác lập nhanh với hằng số cân bằng:

$$K_2 = \frac{[\text{IO}^-]}{[\text{OH}^-][\text{HClO}]}$$

### ***Giải***

$v = k_2[I^-][\text{HClO}]$  theo phản ứng chậm.

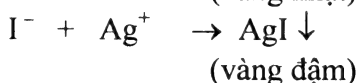
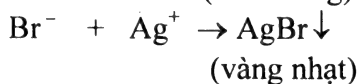
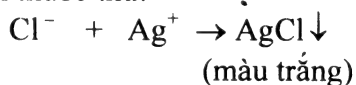
Mặt khác:

$$[\text{HClO}] = \frac{K_1[\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]}$$

$$\Rightarrow v = k_2 K_1 \frac{[I^-][\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]} = k \frac{[I^-][\text{ClO}^-]}{[\text{OH}^-]} \text{ với } k = K_1 k_2$$

### **DẠNG 3: BÀI TẬP VỀ NHẬN BIẾT**

*Phương pháp* : Nhận biết ion  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{I}^-$  : Dùng dung dịch muối  $\text{Ag}^+$  (thường là  $\text{AgNO}_3$ ) làm thuốc thử.



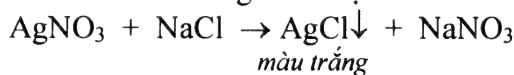
**Ví dụ 1.** Chỉ dùng thêm một thuốc thử bên ngoài hãy phân biệt các lọ mất nhãn, mỗi lọ đựng một trong các dung dịch :

$\text{NaCl}$ ,  $\text{NaI}$ ,  $\text{NaBr}$ ,  $\text{NaF}$ ,  $\text{NaOH}$

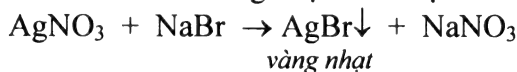
### ***Giải***

Dùng dung dịch  $\text{AgNO}_3$  làm thuốc thử. Nhận ra :

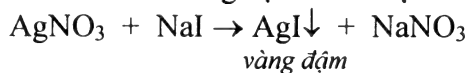
- Dung dịch  $\text{NaCl}$  : Có kết tủa màu trắng xuất hiện



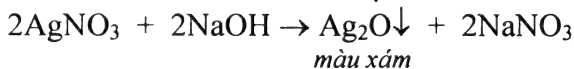
- Dung dịch  $\text{NaBr}$  : Có kết tủa màu vàng nhạt xuất hiện



- Dung dịch  $\text{NaI}$  : Có kết tủa màu vàng đậm xuất hiện



- Dung dịch  $\text{NaOH}$  : Có kết tủa màu xám xuất hiện



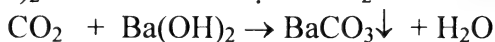
Còn lại là dung dịch  $\text{NaF}$  không hiện tượng gì.

**Ví dụ 2.** Trình bày phương pháp hoá học để phân biệt các chất khí riêng biệt:

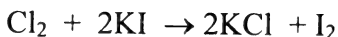
$\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{CO}_2$ .

### ***Giải***

- Dùng dung dịch  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  làm thuốc thử nhận ra  $\text{CO}_2$  vì có kết tủa trắng xuất hiện.



- Dùng quỳ tím ẩm nhận ra khí HCl vì làm quỳ tím ẩm hoá đỏ.
- Dùng dung dịch KI + hồ tinh bột làm thuốc thử đối với 3 khí còn lại nhận ra Cl<sub>2</sub> vì tạo dung dịch màu xanh tím.



I<sub>2</sub> + hồ tinh bột → dung dịch màu xanh tím

Cho hai khí còn lại lần lượt đi qua bột Cu đun nóng, nếu có hiện tượng đồng đỏ hoá đen là O<sub>2</sub>



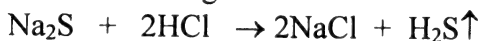
Khí còn lại là H<sub>2</sub>.

**Ví dụ 3.** Chỉ dùng thêm dung dịch HCl làm thuốc thử, hãy phân biệt các dung dịch riêng biệt : Na<sub>2</sub>S, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, BaCl<sub>2</sub>, AgNO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.

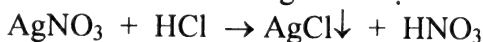
### **Giải**

Cho dung dịch HCl lần lượt vào các dung dịch mẫu thử. Nhận ra :

- Dung dịch Na<sub>2</sub>S : Có khí mùi trứng thối thoát ra.



- Dung dịch AgNO<sub>3</sub> : Có kết tủa màu trắng xuất hiện



- Dung dịch Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> : Có khí mùi hắc thoát ra.



- Dung dịch BaCl<sub>2</sub> : Không hiện tượng gì.

- Dung dịch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaHCO<sub>3</sub> : Có khí không màu thoát ra.



Cho hai dung dịch trên lần lượt tác dụng với dung dịch BaCl<sub>2</sub> nếu có kết tủa trắng xuất hiện thì đó là Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

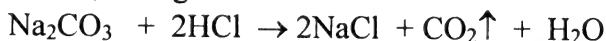


Còn lại là NaHCO<sub>3</sub> không hiện tượng.

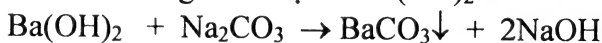
**Ví dụ 4.** Chỉ dùng thêm dung dịch HCl, trình bày phương pháp nhận biết các dung dịch riêng biệt sau: Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaNO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>Cl, Ba(OH)<sub>2</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.  
Viết các phương trình hoá học của các phản ứng đã xảy ra.

### **Giải**

Cho dung dịch tác dụng lần lượt với các dung dịch mẫu thử, nhận ra dung dịch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> vì có sủi khí, không mùi thoát ra.



Các dung dịch còn lại không hiện tượng cho tác dụng lần lượt với dung dịch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, nếu có kết tủa trắng xuất hiện là Ba(OH)<sub>2</sub>.

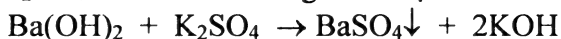


Cho Ba(OH)<sub>2</sub> phản ứng với các dung dịch còn lại. Nhận ra :

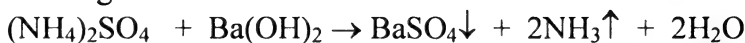
- Dung dịch NH<sub>4</sub>Cl : Có sủi bọt khí mùi khai thoát ra khi đun nóng.



- Dung dịch  $K_2SO_4$  : Có kết tủa trắng xuất hiện.



- Dung dịch  $(NH_4)_2SO_4$  : Có kết tủa trắng xuất hiện và có sủi bọt khí mùi khai thoát ra khi đun nóng.



**Ví dụ 5.** Có 4 lọ mất nhãn, mỗi lọ đựng một trong các dung dịch:  $NaHCO_3$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $BaCl_2$  và  $HCl$ . Không dùng thêm thuốc thử nào khác bên ngoài, hãy phân biệt các lọ mất nhãn trên. Viết phương trình hoá học của các phản ứng đã xảy ra.

### ***Giải***

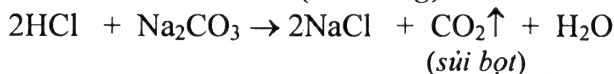
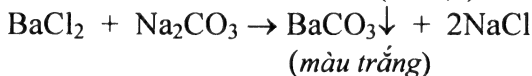
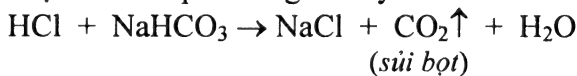
Lần lượt lấy ra một mẫu thử để làm thuốc thử đối với các mẫu thử còn lại. Sau 12 thí nghiệm ta có bảng kết quả sau:

Mẫu thử \ Thuốc thử	$NaHCO_3$	$Na_2CO_3$	$BaCl_2$	$HCl$
$NaHCO_3$		-	-	Sủi bọt khí
$Na_2CO_3$	-		Kết tủa trắng	Sủi bọt khí
$BaCl_2$	-	Kết tủa trắng		-
$HCl$	Sủi bọt khí	Sủi bọt khí	-	
Kết luận	1 sủi bọt khí	1 kết tủa trắng + 1 sủi bọt khí	1 kết tủa trắng	2 sủi bọt khí

Như vậy:

- Lọ nào có 1 sủi bọt khí xuất hiện là lọ đựng dung dịch  $NaHCO_3$ .
- Lọ nào có 1 kết tủa trắng và 1 sủi bọt khí xuất hiện là lọ đựng dung dịch  $Na_2CO_3$ .
- Lọ nào có 1 kết tủa trắng xuất hiện là lọ đựng dung dịch  $BaCl_2$ .
- Lọ nào có 2 sủi bọt khí xuất hiện là lọ đựng dung dịch  $HCl$ .

Các phương trình hoá học của các phản ứng đã xảy ra :



**Ví dụ 6.** Có 4 dung dịch  $MgCl_2$ ,  $Ba(OH)_2$ ,  $HCl$ ,  $Na_2S$  không dùng thêm hóa chất khác, hãy trình bày phương pháp nhận biết 4 dung dịch đó. Viết phương trình hóa học xảy ra.



### Giải

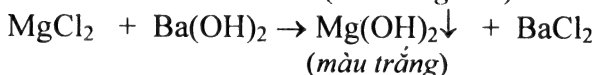
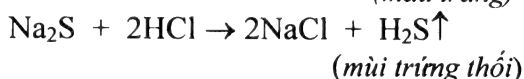
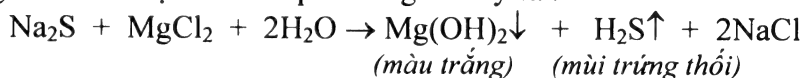
Lần lượt lấy ra một mẫu thử để làm thuốc thử đối với các mẫu thử còn lại.  
Sau 12 thí nghiệm ta có bảng kết quả sau:

Mẫu thử \ Thuốc thử	Na <sub>2</sub> S	MgCl <sub>2</sub>	Ba(OH) <sub>2</sub>	HCl
Na <sub>2</sub> S		↓ trắng + ↑ mùi trứng thối	-	↑ mùi trứng thối
MgCl <sub>2</sub>	↓ trắng + ↑ mùi trứng thối		↓ trắng	-
Ba(OH) <sub>2</sub>	-	↓ trắng		-
HCl	↑ mùi trứng thối	-	-	
Kết luận	1↓ trắng + 2↑ mùi trứng thối	2↓ trắng + 1↑ mùi trứng thối	1↓ trắng	1↑ mùi trứng thối

Như vậy :

- Lọ nào có 1 kết tủa trắng + 2 sủi bọt khí mùi trứng thối là lọ đựng dung dịch Na<sub>2</sub>S.
- Lọ nào có 2 kết tủa trắng + 1 sủi bọt khí mùi trứng thối là lọ đựng dung dịch MgCl<sub>2</sub>.
- Lọ nào có 1 kết tủa trắng xuất hiện là lọ đựng dung dịch Ba(OH)<sub>2</sub>.
- Lọ nào có 1 sủi bọt khí mùi trứng thối là lọ đựng dung dịch HCl.

Các phương trình hoá học của các phản ứng đã xảy ra :



**Ví dụ 7.** Chỉ dùng thêm một thuốc thử và được phép đun nóng hãy phân biệt các lọ mất nhãn, mỗi lọ chứa một trong các dung dịch: Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + CaCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>.

### Giải

Đun nóng nhẹ các lọ đến phản ứng hoàn toàn, ta chia làm hai nhóm:

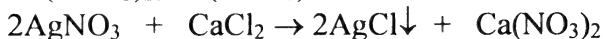
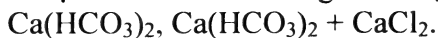
- **Nhóm 1:** Có kết tủa xuất hiện và sủi bọt khí thoát ra gồm Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + CaCl<sub>2</sub>.



- **Nhóm 2:** Không hiện tượng gồm CaCl<sub>2</sub>, NaNO<sub>3</sub>.

Dùng dung dịch AgNO<sub>3</sub> làm thuốc thử đối với hai nhóm.

- Với nhóm 1: Lọ nào có kết tủa trắng xuất hiện là



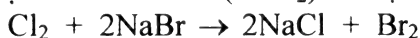
Lọ còn lại là  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  không hiện tượng.

- Với nhóm 2: Lọ nào có kết tủa trắng xuất hiện là  $\text{CaCl}_2$ . Lọ không hiện tượng là  $\text{NaNO}_3$ .

#### DẠNG 4: BÀI TẬP VỀ HALOGEN PHẢN ỨNG VỚI DUNG DỊCH MUỐI

**Phương pháp:**

- Halogen có khối lượng phân tử nhỏ đẩy halogen có khối lượng phân tử lớn hơn ra khỏi dung dịch muối của nó (trừ  $\text{F}_2$ ). *Ví dụ:*



Sau khi cô cạn dung dịch sau phản ứng sẽ thu được muối  $\text{NaCl}$  và có thể có  $\text{NaBr}$  dư. Do  $\text{Cl}$  nhẹ hơn  $\text{Br}$  nên khối lượng muối khan thu được bao giờ cũng bé hơn khối lượng muối ban đầu.

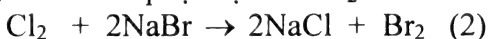
$$\Delta m\downarrow = 2n_{\text{Cl}_2} \text{ pư.} (80 - 35,5)$$

- Sử dụng phương pháp xét khoảng khi gặp trường hợp một halogen tác dụng dung dịch 2 muối halogen khác. *Ví dụ:*  $\text{Cl}_2$  tác dụng với dung dịch gồm  $\text{NaBr}$  và  $\text{NaI}$ .

Do tính khử  $\text{Br}^- < \text{I}^-$  nên phản ứng xảy ra theo thứ tự:



Nếu  $\text{NaI}$  hết, mà vẫn tiếp tục sục khí  $\text{Cl}_2$  vào thì:



Để biết bài toán đang xét nằm ở giai đoạn nào (chỉ có (1) xảy ra hay cả 2 phản ứng đều xảy ra) ta làm như sau:

- \* Nếu  $\text{NaI}$  hết,  $\text{NaBr}$  chưa phản ứng ((1) vừa kết thúc, (2) chưa xảy ra).

$$m_{\text{muối}} = m_1 = m_{\text{NaCl}}(1) + m_{\text{NaBr}}$$

- \* Nếu  $\text{NaI}$ ,  $\text{NaBr}$  hết ((2) vừa kết thúc).

$$m_{\text{muối}} = m_2 = m_{\text{NaCl}}(1,2)$$

Lập bảng so sánh giá trị của  $m$  so với  $m_1$ ,  $m_2$  để rút ra những kết luận cần thiết.

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> NaBr và NaI hết </div>	NaI hết NaBr dư	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> NaI hết NaBr chưa </div>	NaI dư NaBr chưa
<hr/>			
$m = m_2$	$m_2 < m < m_1$	$m = m_1$	$m_1 > m$

$m$ : là khối lượng muối thực tế thu được (bài toán đã cho).

- Sử dụng phương pháp trung bình để xác định tên của hai halogen thuộc hai chu kì liên tiếp.

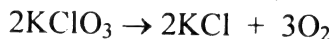
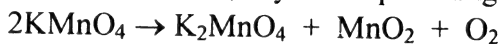
$$\overline{M} = \frac{x_1 M_1 + x_2 M_2}{x_1 + x_2}$$

Trong đó:  $M_1, M_2$  lần lượt là khối lượng mol phân tử của hai halogen  $X_1, X_2$   
 $x_1, x_2$  lần lượt là số mol của  $X_1, X_2$

Tính chất: Giả sử  $M_1 < M_2 \rightarrow M_1 < \overline{M} < M_2$

Ngoài ra, còn sử dụng phương pháp bảo toàn nguyên tố, phương pháp tăng giảm khối lượng, phương pháp bảo toàn electron, .... để giải nhanh nhiều bài toán.

• Nung hỗn hợp  $KClO_3$  và  $KMnO_4$  xảy ra hai phản ứng :



• Phương pháp iot:

$I_2$  là chất oxi hoá yếu và  $I^-$  là chất khử yếu

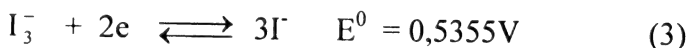


Vì vậy  $I_2$  có thể oxi hoá được các chất khử trung bình ( $H_2S, H_2SO_3, Sn^{2+}, \dots$ ) và ion  $I^-$  có thể khử được các chất oxi hoá trung bình trở lên ( $Fe^{3+}, H_2O_2, Cr_2O_7^{2-}, MnO_4^-, \dots$ )

$I_2$  rất ít tan trong nước nhưng tan dễ dàng trong  $KI$  do phản ứng tạo phức với ion  $I^-$ .



Thế của cặp  $I_3^- / 3I^-$  là:

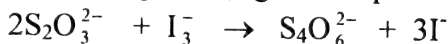


Tổ hợp (2), (3) ta được:



Phương pháp iot được dùng để định lượng cả các chất oxi hoá và các chất khử.

Các chất khử có thể được chuẩn độ trực tiếp bằng iot hoặc cho tác dụng với iot lấy dư và sau đó chuẩn độ lượng dư iot bằng natri thiosunfat  $Na_2S_2O_3$ . Các chất oxi hoá được định lượng bằng cách cho tác dụng với  $KI$  dư trong môi trường axit và sau đó chuẩn độ lượng iot giải phóng ra bằng dung dịch  $Na_2S_2O_3$ . Vì vậy trong phương pháp iot, phản ứng quan trọng nhất là phản ứng giữa iot và  $Na_2S_2O_3$ .

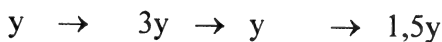
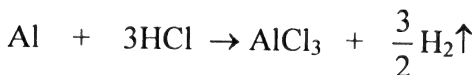
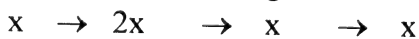
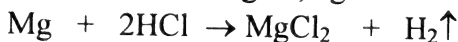


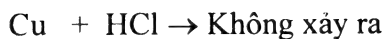
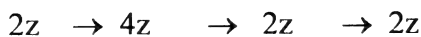
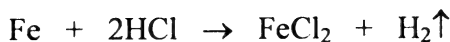
**Ví dụ 1.** Hỗn hợp  $X$  gồm  $Mg, Al, Fe, Cu$  trong đó số mol  $Fe$  gấp đôi số mol  $Cu$ .

Lấy 21,4 gam  $X$  cho tác dụng với dung dịch  $HCl$  dư, sau phản ứng hoàn toàn thu được 15,68 lít khí (đktc). Nếu lấy 10,7 gam  $X$  cho phản ứng hết với khí clo thì sinh ra 39,1 gam muối. Tính % khối lượng  $Fe$  và  $Cu$  trong hỗn hợp ban đầu.

**Giải**

Gọi số mol của  $Mg, Al, Fe, Cu$  trong 21,4 gam hỗn hợp lần lượt là  $x, y, 2z$  và  $z$ .

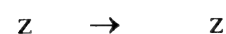
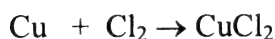
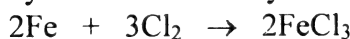
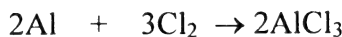
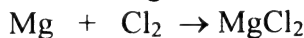




$$\Rightarrow n_{\text{HCl}} = 2n_{\text{H}_2} = 1,4 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_{\text{Cu}} + m_{\text{AlCl}_3} + m_{\text{MgCl}_2} + m_{\text{FeCl}_2} = 21,4 + 1,4 \cdot 35,5 = 71,1 \quad (1)$$

• Để thuận tiện ta cho  $21,4 \text{ gam X} + \text{Cl}_2$  sinh ra  $78,2 \text{ gam muối}$ :



$$\Rightarrow m_{\text{MgCl}_2} + m_{\text{AlCl}_3} + m_{\text{FeCl}_3} + m_{\text{CuCl}_2} = 78,2 \quad (2)$$

$$\text{Lấy (2) - (1): } m_{\text{FeCl}_3} + m_{\text{CuCl}_2} - m_{\text{FeCl}_2} - m_{\text{Cu}} = 78,2 - 71,1 = 7,1$$

$$\Rightarrow 35,5 \cdot 2z + 71z = 7,1 \Rightarrow z = 0,05 \text{ mol}$$

Phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp ban đầu là

$$\% \text{Fe} = \frac{0,1 \cdot 56}{21,4} \cdot 100 = 26,17\%; \quad \% \text{Cu} = \frac{0,05 \cdot 64}{21,4} \cdot 100 = 14,95\%$$

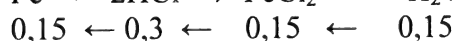
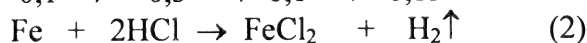
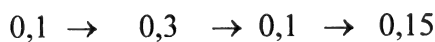
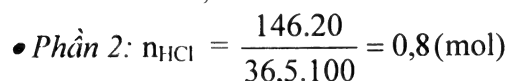
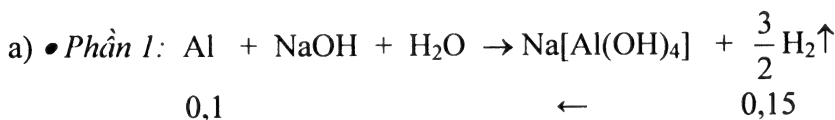
**Ví dụ 2.** Chia  $m \text{ gam}$  hỗn hợp X gồm Al, Fe thành hai phần bằng nhau. Phần 1 cho tác dụng với dung dịch NaOH dư, sinh ra  $3,36 \text{ lít H}_2$  (đktc). Cho phần hai vào  $146 \text{ gam}$  dung dịch HCl 20%, kết thúc phản ứng thu được dung dịch Y và  $6,72 \text{ lít H}_2$  (đktc).

a) Tính  $m$

b) Tính nồng độ phần trăm của các chất trong dung dịch Y.

c) Tính thể tích khí  $\text{Cl}_2$  (đktc) cần dùng để phản ứng hết với  $m \text{ gam}$  hỗn hợp X.

**Giải**



$$\Rightarrow m = 2(27 \cdot 0,1 + 56 \cdot 0,15) = 22,2 \text{ gam}$$

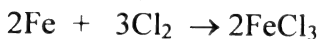
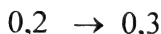
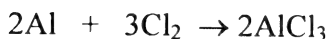
$$b) n_{\text{HCl dư}} = 0,8 - 0,6 = 0,2 \text{ (mol)} ; m_{\text{dd Y}} = 11,1 + 146 - 2.0,3 = 156,5 \text{ gam}$$

$$C\%_{\text{HCl}} = \frac{0,2.36,5.100\%}{156,5} = 4,66\%$$

$$C\%_{\text{AlCl}_3} = \frac{0,1.133,5.100\%}{156,5} = 8,53\%$$

$$C\%_{\text{FeCl}_2} = \frac{0,15.127.100\%}{156,5} = 12,17\%$$

c)



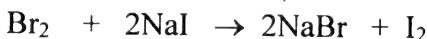
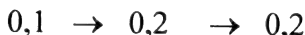
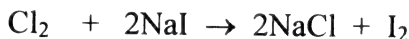
$$\Rightarrow V_{\text{Cl}_2} = 0,75.22,4 = 16,8 \text{ lít}$$

**Ví dụ 3.** Cho 13,5 gam hỗn hợp  $\text{Cl}_2$  và  $\text{Br}_2$  có tỉ lệ mol 5 : 2 vào dung dịch chứa 36 gam  $\text{NaI}$ . Cô cạn dung dịch thu sau phản ứng kết thúc, thu được m gam chất rắn. Tính giá trị của m.

**Giải**

$$n_{\text{Cl}_2} = 5. \frac{13,5}{5.71 + 2.160} = 0,1 \text{ mol}; n_{\text{Br}_2} = 2. \frac{13,5}{5.71 + 2.160} = 0,04 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NaI}} = \frac{36}{150} = 0,28 \text{ mol}$$



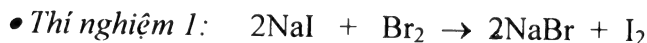
$$\Rightarrow m_{\text{rắn}} = m_{\text{NaCl}} + m_{\text{NaBr}} = 0,2.58,5 + 103.0,04 = 15,82 \text{ gam}$$

**Ví dụ 4.** Hỗn hợp A gồm 3 muối  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaBr}$  và  $\text{NaI}$ .

**Thí nghiệm 1:** Lấy 5,76 gam A tác dụng với lượng dư dung dịch brom, cô cạn thu được 5,29 gam muối khan.

**Thí nghiệm 2:** Hòa tan 5,76 gam A vào nước rồi cho một lượng khí clo sục qua dung dịch. Sau một thời gian, cô cạn thì thu được 3,955 gam muối khan, trong đó có 0,05 mol  $\text{Cl}^-$ . Tính khối lượng của  $\text{NaBr}$  trong hỗn hợp ban đầu.

**Giải**

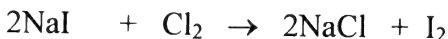


x

x

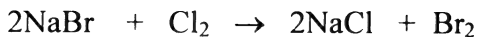
$$\rightarrow \Delta m = (127 - 80)x = 5,76 - 5,29 \rightarrow x = 0,01 \text{ mol}$$

• **Thí nghiệm 2:**



$x_1$

$x_1$



$$\rightarrow \Delta m = (127 - 35,5)x_1 + (80 - 35,5)y_1 = 5,76 - 3,955$$

$$\rightarrow 91,5x_1 + 44,5y_1 = 1,805$$

Do  $x_1 \leq 0,01 \rightarrow 91,5x_1 \leq 0,915 < 1,805 \Rightarrow y_1 > 0$  tức là NaI hết, NaBr hết hoặc còn dư  $\rightarrow x_1 = x = 0,01 \text{ mol} \Rightarrow y_1 = 0,02 \text{ mol}$

Gọi z là số mol NaCl trong hỗn hợp ban đầu

$$\Rightarrow n_{\text{Cl}^-} = x_1 + y_1 + z = 0,05 \Rightarrow z = 0,05 - 0,03 = 0,02 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_{\text{NaBr}} = 5,76 - (58,5 \cdot 0,02 + 150 \cdot 0,01) = 3,09 \text{ gam}$$

**Ví dụ 5.** Cho 10,8 gam hỗn hợp X gồm Fe và Mg vào V ml dung dịch HCl 1M, thu được dung dịch Y và 2,8 gam một kim loại không tan. Cho Y tác dụng với dung dịch NaOH dư, kết tủa thu được đem nung trong không khí đến khối lượng không đổi còn lại 12 gam chất rắn khan.

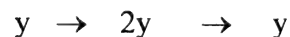
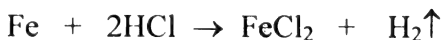
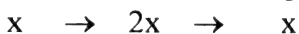
a) Tính V.

b) Tính phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong X.

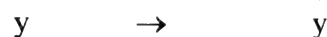
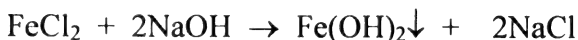
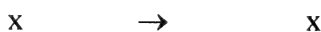
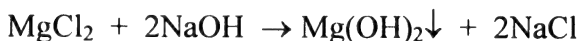
c) Tính thể tích khí  $\text{Cl}_2$  (đktc) cần dùng để phản ứng hết với dung dịch Y.

### Giải

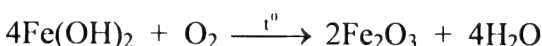
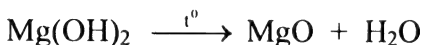
a) Vì tính khử của  $\text{Mg} > \text{Fe}$  nên Mg phản ứng hết rồi mới đến Fe  $\rightarrow$  Kim loại dư là Fe



Y + NaOH dư :



Nung kết tủa :



$$\rightarrow m_{\text{CR}} = 40x + 160 \cdot 0,5y = 12 \rightarrow x + 2y = 0,3 \quad (1)$$

Mặt khác :

$$24x + 56y = 10,8 - 2,8 = 8 \quad (2)$$

Giải hệ (1)(2) ta được :

$$x = y = 0,1 \text{ (mol)}$$

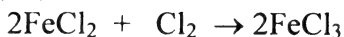
$$\rightarrow V = \frac{2 \cdot 0,2}{1} \cdot 10^3 = 400 \text{ ml}$$

b) Phần trăm khối lượng các kim loại trong X :

$$\%m_{Al} = \frac{0,1.27.100\%}{10,8} = 25\%$$

$$\%m_{Fe} = 100\% - 25\% = 75\%$$

c)  $Y + Cl_2$  (dư)

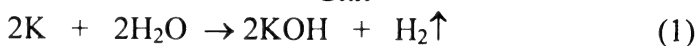


$$0,1 \rightarrow 0,05$$

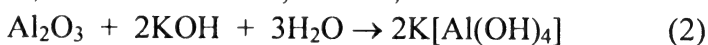
$$\rightarrow V_{Cl_2} = 0,05.22,4 = 1,12 \text{ lít}$$

**Ví dụ 6.** Cho m gam hỗn hợp gồm kim loại K và  $Al_2O_3$  tan hết vào  $H_2O$  thu được dung dịch X và 5,6 lít khí (ở đktc). Cho 300 ml dung dịch HCl 1M vào X đến khi phản ứng kết thúc thu được 7,8 gam kết tủa. Tính giá trị của m.

**Giải**

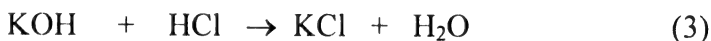


$$0,5 \quad \leftarrow \quad 0,5 \quad \leftarrow \quad 0,25$$

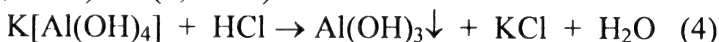


$$x \rightarrow 2x \quad \rightarrow \quad 2x$$

$$\Rightarrow n_{KOH} \text{ còn} = (0,5 - 2x) \text{ mol}$$



$$(0,5 - 2x) \rightarrow (0,5 - 2x)$$



$$0,1 \quad \leftarrow \quad 0,1 \quad \leftarrow \quad 0,1$$



Xét hai trường hợp:

• **Trường hợp 1:** (5) chưa xảy ra

$$\Rightarrow n_{HCl} = 0,1 + 0,5 - 2x = 0,3 \Rightarrow x = 0,15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 39.0,5 + 102.0,15 = 34,8 \text{ gam}$$

• **Trường hợp 2:** (5) xảy ra

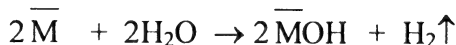
$$n_{K[Al(OH)_4] (5)} = (2x - 0,1) \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{HCl} = 4(0,5 - 2x) + 0,1 + 2x - 0,1 = 0,3 \Rightarrow x = 0,283 \text{ mol}$$

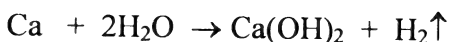
$$\Rightarrow n_{KOH} = 0,5 \text{ mol} < 2n_{Al_2O_3} = 0,566 \text{ mol (loại)}$$

**Ví dụ 7.** Hỗn hợp X gồm Ca và 2 kim loại kiềm ở 2 chu kì liên tiếp. Lấy 9,1 gam hỗn hợp X tác dụng hết với  $H_2O$  thu được dung dịch Y và 7,84 lít khí  $H_2$  (ở đktc). Dem dung dịch Y tác dụng với dung dịch HCl dư thu được dung dịch Z, cô cạn dung dịch Z thì thu được m gam chất rắn khan. Xác định tên kim loại kiềm và tính giá trị m.

**Giải**



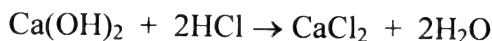
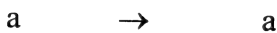
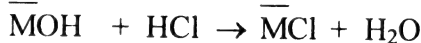
$$a \quad \rightarrow \quad a \quad \rightarrow \quad 0,5a$$



$$\Rightarrow n_{\text{H}_2} = 0,5a + b = 0,35 \Rightarrow a + b < 0,7$$

$$\Rightarrow \bar{A} = \frac{40b + \bar{M}a}{a + b} < \frac{9,1}{0,7} = 13 \Rightarrow \text{X chứa 1 chất có } M < 13$$

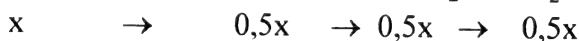
$\Rightarrow$  Chỉ có thể là Li ( $M = 7$ )  $\Rightarrow$  Chất còn lại là Na ( $M = 23$ )



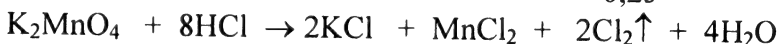
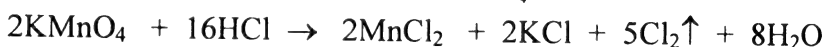
$$\Rightarrow m = 9,1 + 71 \cdot 0,35 = 33,95 \text{ gam}$$

**Ví dụ 8.** Nhiệt phân 31,6 gam  $\text{KMnO}_4$  một thời gian thu được 30 gam chất rắn. Lấy toàn bộ lượng chất rắn này tác dụng với dung dịch  $\text{HCl}$  đặc, nóng, dư thu được khí X. Nếu đem tất cả khí X điều chế clorua vôi thì thu được tối đa bao nhiêu gam clorua vôi (chứa 30% tạp chất)?

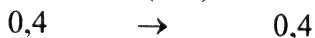
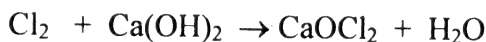
**Giải**



$$\Rightarrow \Delta m_{\text{giảm}} = 32 \cdot 0,5\text{x} = 31,6 - 30 \Rightarrow \text{x} = 0,1 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{KMnO}_4} \text{ còn} = 0,2 - 0,1 = 0,1 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{Cl}_2} = 0,4 \text{ mol}$$



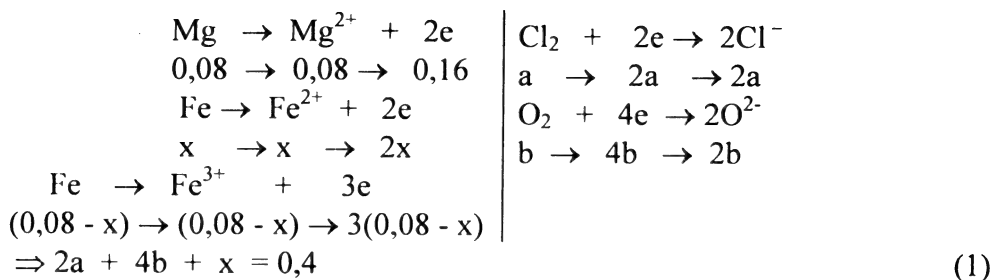
$$\Rightarrow m_{\text{CaOCl}_2} (\text{chứa 30\% tạp chất}) = \frac{0,4 \cdot 127 \cdot 100}{70} = 72,57 \text{ gam}$$

**Ví dụ 9.** Đốt cháy hỗn hợp kim loại gồm 1,92 gam Mg và 4,48 gam Fe với hỗn hợp khí X gồm clo và oxi, sau phản ứng chỉ thu được hỗn hợp Y gồm các oxit và muối clorua (không còn khí dư). Hòa tan Y bằng một lượng vừa đủ 120 ml dung dịch  $\text{HCl}$  2M, thu được dung dịch Z. Cho  $\text{AgNO}_3$  dư vào dung dịch Z, sau phản ứng hoàn toàn thu được 56,69 gam kết tủa. Tính phần trăm thể tích khí clo trong hỗn hợp X.

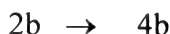
**Giải**

Theo định luật bảo toàn nguyên tố:





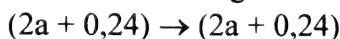
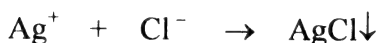
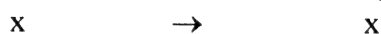
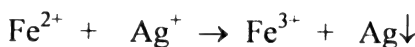
Các oxit tác dụng với axit HCl sinh ra muối và nước.



$$\Rightarrow n_{\text{HCl}} = 4b = 0,24 \Rightarrow b = 0,06 \text{ mol}$$

$$(1) \Rightarrow 2a + x = 0,16 \quad (2)$$

• Dung dịch Z chứa muối  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  và  $\text{FeCl}_3$  với  $\Sigma n_{\text{Cl}^-} = (2a + 0,24) \text{ mol}$



$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = 108x + 143,5(2a + 0,24) = 56,69$$

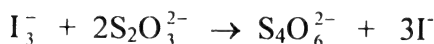
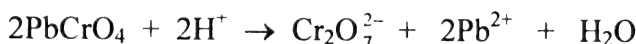
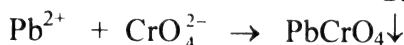
$$\text{Hay: } 108x + 287a = 22,25 \quad (3)$$

Giải hệ (2)(3):  $a = 0,07 \text{ mol}$ ;  $x = 0,02 \text{ mol}$

$$\text{Phần trăm thể tích của } \text{Cl}_2 \text{ trong X là: } \%V_{\text{Cl}_2} = \frac{0,07 \cdot 100\%}{0,07 + 0,06} = 53,85\%$$

**Ví dụ 10.** Làm kết tủa hoàn toàn chì trong một dung dịch muối chì dưới dạng  $\text{PbCrO}_4$ . Hoà tan kết tủa thu được trong axit khi có KI dư. Chuẩn độ iot giải phóng ra hết 23,50 ml  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1025M. Tính số mg của chì có trong dung dịch.

**Giải**



$$\text{Số mmol } \text{S}_2\text{O}_3^{2-} = 0,1025 \cdot 23,50 = 2,40875$$

$$\text{Số mmol } \text{I}_3^- = \frac{2,40875}{2} = 1,204375$$

$$\text{Số mmol } \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} = \frac{1,204375}{3}$$

$$\text{Số mmol } \text{Pb}^{2+} = 2 \cdot \frac{1,204375}{3} = \frac{2,40875}{3}$$

$$\Rightarrow \text{Số mg Pb} = 207,2 \cdot \frac{2,40875}{3} = 166,4 \text{ mg Pb}$$

### C. BÀI TẬP

- Cho  $m$  gam hỗn hợp X gồm Fe, Cu tác dụng hết  $\text{Cl}_2$ , thu được  $(m + 14,2)$  gam chất rắn Y. Mặt khác, nếu cho  $m$  gam X tác dụng với dung dịch HCl dư, sinh ra 2,24 lít  $\text{H}_2$  (đktc).
  - Tính phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong X.
  - Hoà tan toàn bộ lượng chất rắn Y ở trên vào nước thu được dung dịch Z. Tính thể tích dung dịch NaOH 1M cần dùng để phản ứng vừa hết với dung dịch Z.
- Cho 11,1 gam hỗn hợp X gồm kim loại M và Al (tỉ lệ mol tương ứng 3 : 2) vào dung dịch HCl dư, sinh ra 6,72 lít  $\text{H}_2$  (đktc).
  - Xác định tên kim loại M.
  - Tính thể tích khí  $\text{Cl}_2$  (đktc) cần dùng để tác dụng hết với hỗn hợp X trên.
- Nhiệt phân 4,385 gam hỗn hợp X gồm  $\text{KClO}_3$  và  $\text{KMnO}_4$ , thu được  $\text{O}_2$  và  $m$  gam chất rắn gồm  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ,  $\text{MnO}_2$  và KCl. Toàn bộ lượng  $\text{O}_2$  tác dụng hết với cacbon nóng đỏ, thu được 0,896 lít hỗn hợp khí Y (đktc) có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 16. Tính thành phần % theo khối lượng của  $\text{KMnO}_4$  trong X.
- Phương pháp sunfat có thể điều chế được chất nào: HF, HCl, HBr, HI ? Nếu có chất không điều chế được bằng phương pháp này, hãy giải thích tại sao? Viết các phương trình phản ứng và ghi rõ điều kiện (nếu có) để minh hoạ.
- Trong dãy oxiaxit của clo, axit hipoclorơ là quan trọng nhất. axit hipoclorơ có các tính chất: a) Tính axit rất yếu, yếu hơn axit cacbonic; b) Có tính oxi hoá mạnh liệt; c) Rất dễ bị phân tích khi có ánh sáng mặt trời, khi đun nóng. Hãy viết các phương trình phản ứng để minh hoạ các tính chất đó.
- Phản ứng:  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-} + 2\text{I}^- \rightarrow 2\text{SO}_4^{2-} + \text{I}_2$  (1)  
 được khảo sát bằng thực nghiệm như sau: Trộn dung dịch KI với dung dịch hồ tinh bột, dung dịch  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ ; sau đó thêm dung dịch  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  vào dung dịch trên. Các dung dịch đều có nồng độ ban đầu thích hợp.
  - Viết các phương trình phản ứng xảy ra; Tại sao dung dịch từ không màu chuyển sang màu xanh lam?
  - Người ta thu được số liệu sau đây:

Thời gian thí nghiệm(theo giây)	Nồng độ $\text{I}^-$ (theo mol . l <sup>-1</sup> )
0	1,000
20	0,752
50	0,400
80	0,010

Dùng số liệu đó, hãy tính tốc độ trung bình của phản ứng (1).

- Thêm 100,00 ml HCl vào hỗn hợp  $\text{KIO}_3 + \text{KI}$  (dư). Chuẩn độ iot giải phóng ra hết 10,50 ml  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,01054M. Tính nồng độ dung dịch HCl.

8. Hoà tan vào nước 2 gam một mẫu X chứa  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  và  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  và tạp chất trơ rồi pha loãng thành 250 ml dung dịch A. Thêm 25 ml dung dịch iot 0,0525 M vào 25 ml dung dịch A. Axit hoá bằng  $\text{H}_2\text{SO}_4$  rồi chuẩn độ  $\text{I}_2$  dư hết 12,9 ml  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,101 M. Mặt khác cho  $\text{ZnSO}_4$  dư vào 50 ml dung dịch A. Lọc bỏ kết tủa. Chuẩn độ dung dịch nước lọc hết 11,5 ml dung dịch iot 0,0101M. Tính phần trăm các chất trong X.

9. Phi kim X là chất khí ở nhiệt độ thường, màu vàng lục, mùi hắc. Y và Z là các oxit của X có phần trăm khối lượng tương ứng là 18,39% và 47,41%. Hãy tìm X, Y, Z và hoàn thành các phản ứng sau :

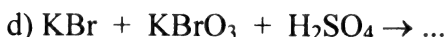
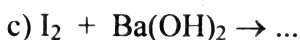


10. Nhiệt phân hỗn hợp gồm  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (tỉ lệ mol tương ứng 1 : 1 : 2). Sau khi kết thúc các phản ứng, thu được khí X và chất rắn Y. Cho Y vào nước dư thu được dung dịch Z. Hấp thụ toàn bộ lượng khí X ở trên vào Z thu được dung dịch  $\text{Z}_1$ .

a) Viết phương trình hoá học của các phản ứng đã xảy ra.

b) Bằng phương pháp hoá học hãy chứng minh sự có mặt của hợp chất natri trong  $\text{Z}_1$ .

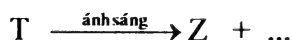
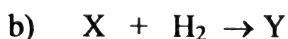
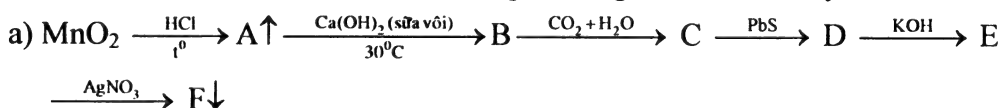
11. Lập phương trình hóa học của các phản ứng sau:



12. Khi đun nóng 22,12 gam  $\text{KMnO}_4$ , thu được 21,16 gam hỗn hợp rắn. Tìm thể tích clo cực đại (đktc) có thể thu được khi cho hỗn hợp rắn đó tác dụng với  $\text{HCl}$  36,5% ( $d = 1,18 \text{ gam/ml}$ ). Tính thể tích của axit bị tiêu hao trong phản ứng đó.

13. Một dung dịch đã được axit hóa, chứa 0,543 gam một muối trong thành phần có natri, clo và oxi. Cho thêm vào đó dung dịch  $\text{KI}$  cho đến khi ngừng  $\text{I}_2$  thoát ra. Khối lượng của  $\text{I}_2$  tạo nên là 3,05 gam. Xác định công thức của muối và tìm phần trăm giảm khối lượng của muối rắn khi bị nhiệt phân hoàn toàn.

14. Viết phương trình hóa học của các phản ứng theo sơ đồ chuyển hóa:

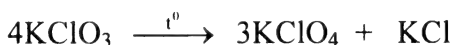
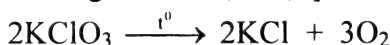


15. Hỗn hợp A gồm  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  và  $\text{KCl}$  nặng 83,68 gam. Nhiệt phân hoàn toàn A ta thu được chất rắn B gồm  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{KCl}$  và một thể tích  $\text{O}_2$  vừa đủ oxi hóa  $\text{SO}_2$  thành  $\text{SO}_3$  để điều chế 191,1 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  80%. Cho chất rắn B tác dụng với 360 ml dung dịch  $\text{K}_2\text{CO}_3$  0,5M (vừa đủ) thu được kết tủa C và dung dịch D. Lượng  $\text{KCl}$  trong dung dịch D nhiều gấp  $\frac{22}{3}$  lần lượng  $\text{KCl}$  có trong A.

a) Tính khối lượng kết tủa C.

b) Tính phần trăm khối lượng của  $\text{KClO}_3$  trong A.

16. Nhiệt phân 12,25 gam  $\text{KClO}_3$  thu được 0,672 lít khí (đktc) và hỗn hợp rắn A. Hòa tan hoàn toàn A trong nước rồi cho tác dụng từ từ với dung dịch  $\text{AgNO}_3$  dư thu được 4,305 gam kết tủa. Tính phần trăm khối lượng của các chất trong hỗn hợp A, biết rằng  $\text{KClO}_3$  bị nhiệt phân theo hai phản ứng:



17. Hòa tan 43,71 gam hỗn hợp 3 muối: cacbonat, cacbonat axit và clorua của một kim loại kiềm vào một thể tích dung dịch  $\text{HCl}$  10,52% ( $d = 1,05 \text{ g/ml}$ ) (lấy dư), thu được dung dịch A và 17,6 gam khí B. Chia A làm 2 phần bằng nhau. Phần thứ nhất cho tác dụng với dung dịch  $\text{AgNO}_3$  (lấy dư) thu được 68,88 gam kết tủa trắng. Phần thứ 2 tác dụng vừa đủ với 125 ml dung dịch  $\text{KOH}$  0,8M sau phản ứng cô cạn dung dịch thu được 29,68 gam hỗn hợp muối khan.

a) Xác định tên kim loại kiềm.

b) Tính phần trăm khối lượng mỗi muối trong hỗn hợp ban đầu.

c) Tính thể tích dung dịch  $\text{HCl}$  đã lấy.

18. Lấy 28,8 hỗn hợp Y gồm  $\text{Fe}$  và  $\text{Fe}_x\text{O}_y$  hòa tan hết trong dung dịch  $\text{HCl}$  2M được 4,48 lít khí ở  $273^\circ\text{C}$  và 1 atm. Cho dung dịch thu được tác dụng với dung dịch  $\text{NaOH}$  dư. Lọc lấy kết tủa, làm khô và nung đến khối lượng không đổi được 32 gam chất rắn.

a) Tìm % khối lượng của các chất trong hỗn hợp Y.

b) Xác định công thức của oxit sắt.

c) Tính thể tích dung dịch  $\text{HCl}$  tối thiểu cần lấy để hòa tan.

19. Chia 94,4 gam hỗn hợp X gồm  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$  thành hai phần bằng nhau. Phần 1 cho tác dụng với 800 ml dung dịch  $\text{HCl}$  1M, thu được dung dịch Y và chất rắn Z gồm 2 kim loại. Y tác dụng với dung dịch  $\text{NaOH}$  dư, thu được 27,8 gam kết tủa. Hoà tan phần 2 trong 100 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% đun nóng, thu được dung dịch A có khối lượng tăng 31,2 gam so với khối lượng dung dịch axit ban đầu và V lít  $\text{SO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất, đktc).

a) Tính khối lượng của chất rắn Z.

b) Tính giá trị của V.

c) Tính nồng độ phần trăm các chất trong dung dịch A.

20. Hỗn hợp X gồm Fe, Cu, Ag. Chia 110,4 gam X thành ba phần bằng nhau. Cho phần 1 phản ứng với  $\text{Cl}_2$  dư, thu được m gam chất rắn. Phần 2 cho tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng, dư thu được 2,24 lít  $\text{H}_2$  (đktc). Hoà tan hết phần 3 trong 120 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% đun nóng, thu được dung dịch Y và 8,96 lít  $\text{SO}_2$  (đktc).

a) Tính m.

b) Tính nồng độ phần trăm các chất trong dung dịch Y.

21. Chỉ dùng một hóa chất làm thuốc thử, hãy nhận biết các dung dịch riêng biệt:

a)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{AgNO}_3$ .

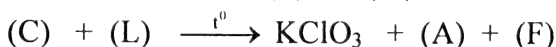
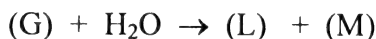
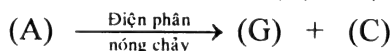
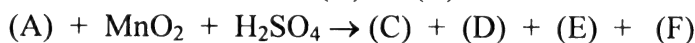
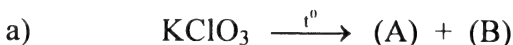
b)  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KI}$ ,  $\text{KBr}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ .

22. Không dùng thêm thuốc thử nào khác hãy nhận biết các dung dịch riêng biệt:

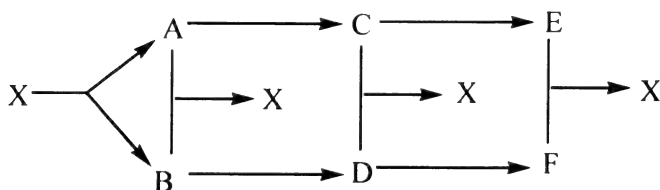
a)  $\text{HCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NaOH}$ .

b)  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{NaCl}$ .

23. Viết các phương trình hóa học theo sơ đồ chuyển hóa:



b)



24. Thêm 10 ml  $\text{CCl}_4$  vào 1 lít dung dịch  $\text{I}_2$   $10^{-3}\text{M}$ . Lắc đều sau đó tách riêng hai pha. Chuẩn độ  $\text{I}_2$  trong pha hữu cơ cần 9,48 ml dung dịch  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M.

a) Tính hệ số tách  $Q = \frac{[\text{I}_2]_{\text{CCl}_4}}{[\text{I}_2]_{\text{H}_2\text{O}}}$ .

b) Hòa tan một ít  $\text{I}_2$  vào dung dịch  $\text{KI}$  0,45M. Chiết  $\text{I}_2$  bằng  $\text{CCl}_4$ . Lấy 10 ml dung dịch  $\text{I}_2$  trong mỗi pha để chuẩn độ bằng  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1M. Cần 40,2 ml cho pha nước và 14,4 ml cho pha hữu cơ. Tính hằng số cân bằng của phản ứng trong pha nước.

25. Viết phương trình hóa học của các phản ứng xảy ra:

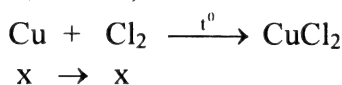
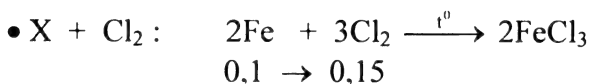
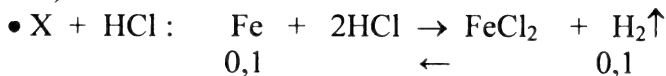
a) Ion  $\text{I}^-$  trong  $\text{KI}$  bị oxi hóa bởi  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{O}_3$ ; còn  $\text{I}_2$  oxi hóa được  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ .

b) Ion  $\text{Br}^-$  bị oxi hóa bởi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc,  $\text{BrO}_3^-$  (trong môi trường axit); còn  $\text{Br}_2$  lại oxi hóa được P thành axit tương ứng.

26. Cho 3,834 gam một kim loại M vào 360 ml dung dịch HCl, làm khô hỗn hợp sau phản ứng thu được 16,614 gam chất rắn khan. Thêm tiếp 240 ml dung dịch HCl trên vào rồi làm khô hỗn hợp sau phản ứng thì thu được 18,957 gam chất rắn khan. Biết các phản ứng xảy ra hoàn toàn, bỏ qua sự thủy phân của các ion trong dung dịch. Xác định kim loại M.

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI

1. a)



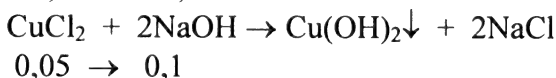
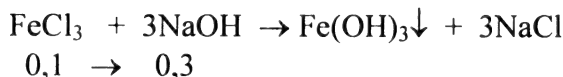
$$\Rightarrow n_{\text{Cl}_2} = 0,15 + x = \frac{14,2}{71} = 0,2 \Rightarrow x = 0,05 \text{ (mol)}$$

Phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong X là :

$$\%m_{\text{Fe}} = \frac{56.0,1.100\%}{56.0,1 + 64.0,05} = 63,63\%$$

$$\%m_{\text{Cu}} = 100\% - 63,63\% = 36,67\%$$

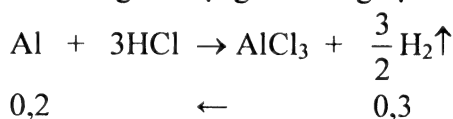
b)



$$\Rightarrow V_{\text{dd NaOH}} = \frac{0,4}{1} = 0,4 \text{ (lít)} = 400 \text{ ml}$$

2. a) Xét hai trường hợp sau :

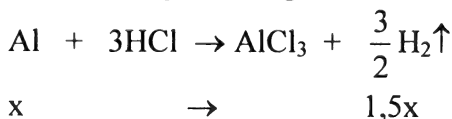
• Trường hợp 1: M không tác dụng với dung dịch HCl

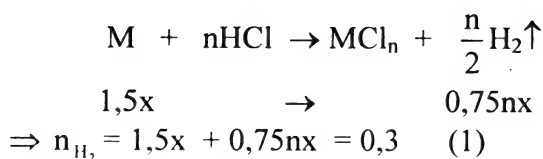


$$\rightarrow m_{\text{Al}} = 27.0,2 = 5,4 \text{ gam} \rightarrow m_{\text{M}} = 11,1 - 5,4 = 5,7 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow M = \frac{5,7}{0,2} = 19 \text{ (loại)}$$

• Trường hợp 2: M tác dụng với dung dịch HCl





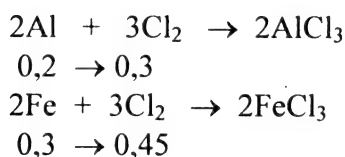
Mặt khác :

$$27x + 1,5Mx = 11,1 \quad (2)$$

Từ (1)(2) suy ra :

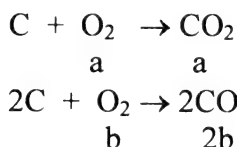
$$\frac{27 + 1,5M}{1,5 + 0,75n} = \frac{11,1}{0,3} \Rightarrow M = 18,5n + 19 \Rightarrow n = 2 \text{ và } M = 56 \text{ (Fe)}$$

b)



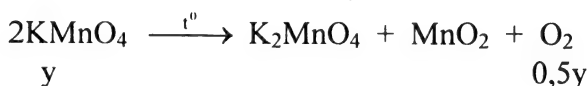
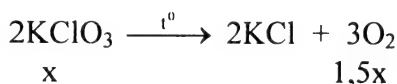
$$\Rightarrow V_{\text{Cl}_2} = 0,75.22,4 = 16,8 \text{ lít}$$

3.



$$\text{Ta có hệ : } \begin{cases} a + 2b = 0,04 \\ 44a + 56b = 32.0,04 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,01 \\ b = 0,015 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{O}_2} = 0,025 \text{ (mol)}$$



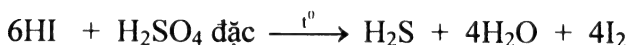
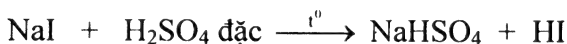
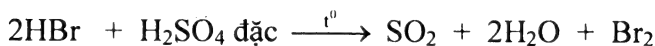
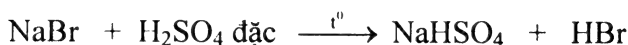
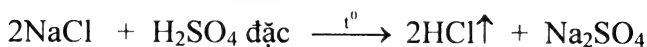
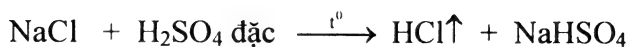
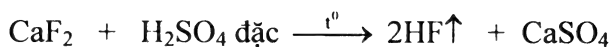
$$\text{Suy ra : } \begin{cases} 1,5x + 0,5y = 0,025 \\ 122,5x + 158y = 4,385 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,01 \\ y = 0,02 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \% n_{\text{KMnO}_4} = \frac{158.0,02}{4,385} . 100\% = 72,06\%$$

4. Phương pháp sunfat là cho muối halogenua kim loại tác dụng với axit sunfuric đặc, nóng để điều chế hidrohalogenua dựa vào tính dễ bay hơi của hidrohalogenua.

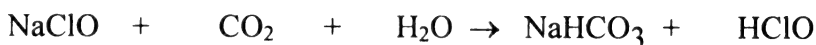
Phương pháp này chỉ áp dụng để điều chế HF, HCl, không điều chế được HBr và HI vì axit H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> là chất oxi hoá mạnh còn HBr và HI trong dung dịch là những chất khử mạnh, do đó áp dụng phương pháp sunfat sẽ không thu được HBr và HI mà thu được Br<sub>2</sub>, I<sub>2</sub>.

Các phương trình phản ứng:

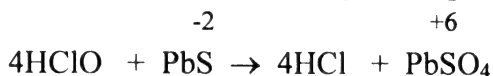


### 5. Axit hipoclorơ :

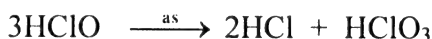
- Tính axit rất yếu, yếu hơn axit cacbonic



- Tính oxi hoá mãnh liệt, đưa chất phản ứng có số oxi hoá cao nhất

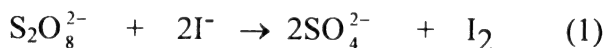


- Dễ bị phân tích:  $\text{HClO} \xrightarrow{\text{as}} \text{HCl} + \text{O}$

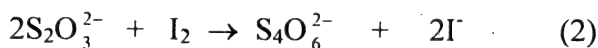


### 6.

a) Các phương trình phản ứng xảy ra:



$\text{I}_2$  giải phóng ra bị  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  khử ngay



Khi hết  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$  thì một ít  $\text{I}_2$  giải phóng ra từ (1) tác dụng với dung dịch hồ tinh bột làm cho dung dịch xuất hiện màu xanh lam.

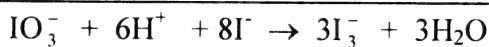
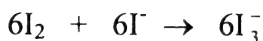
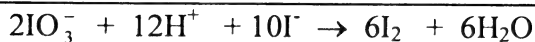
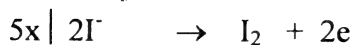
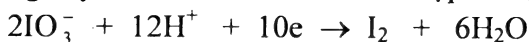
b) Ta có:  $v = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta C_{\text{I}^-}}{\Delta t} \quad (2)$

Thay số vào (2):

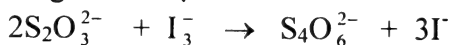
$\Delta t_1 : 20$	$\Delta C_1 : 0,248$	$v_1 : 6,2 \cdot 10^{-3}$
$\Delta t_2 : 50$	$\Delta C_2 : 0,600$	$v_2 : 6,0 \cdot 10^{-3}$
$\Delta t_3 : 80$	$\Delta C_3 : 0,990$	$v_3 : 6,188 \cdot 10^{-3}$
		$\bar{v} = \frac{(6,2 + 6,0 + 6,188) \cdot 10^{-3}}{3}$ $= 6,129 \cdot 10^{-3} \text{ (mol.l}^{-1} \cdot \text{s}^{-1})$



7. Phản ứng xảy ra khi cho HCl vào hỗn hợp  $\text{KIO}_3 + \text{KI}$



Phản ứng chuẩn độ:

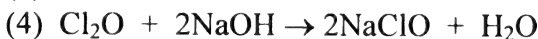
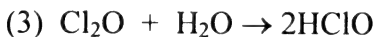
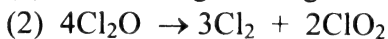
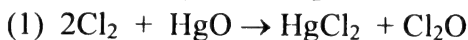


$$\text{Số mmol H}^+ = 2 \times \text{số mmol I}_3^- = \text{số mmol S}_2\text{O}_3^{2-} = 0,01054 \cdot 10,50 = 0,11067$$

$$\Rightarrow C_{\text{HCl}} = \frac{0,11067}{100} = 1,1067 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

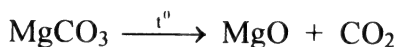
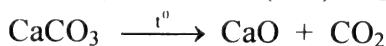
8. Đáp số:  $\% \text{Na}_2\text{S} = 72,36\%$ ;  $\% \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 = 14,4\%$

9. X là  $\text{Cl}_2$ , Y là  $\text{Cl}_2\text{O}$ , Z là  $\text{ClO}_2$



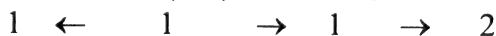
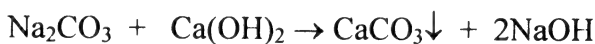
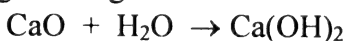
10.

a) Coi hỗn hợp gồm 1 (mol)  $\text{CaCO}_3$ ; 2 (mol)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  và 1 (mol)  $\text{MgCO}_3$

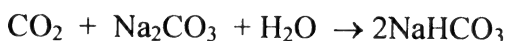
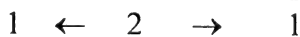
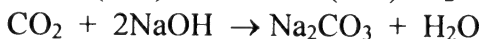


Chất rắn Y gồm:  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaO}$  và  $\text{MgO}$ . Khí X là  $\text{CO}_2$

•  $\text{Y} + \text{H}_2\text{O}$ :  $\text{MgO}$  không tan



Dung dịch Z chứa 2 (mol)  $\text{NaOH}$  và 1 (mol)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$

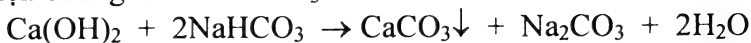


Dung dịch  $\text{Z}_1$  chứa: 1 (mol)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  và 2 (mol)  $\text{NaHCO}_3$

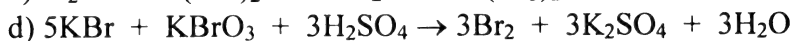
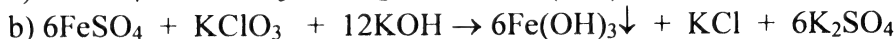
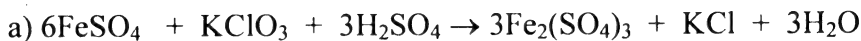
b) Cho  $\text{Z}_1$  phản ứng với  $\text{CaCl}_2$  dư nếu có kết tủa trắng xuất hiện chứng tỏ có  $\text{Na}_2\text{CO}_3$



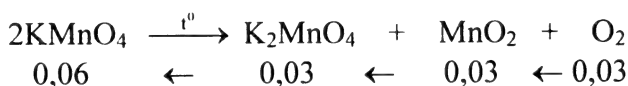
Lọc bỏ kết tủa, cho nước lọc tác dụng với dung dịch  $\text{Ca(OH)}_2$  nếu có kết tủa trắng xuất hiện chứng tỏ có  $\text{NaHCO}_3$ .



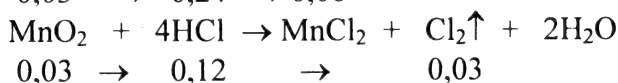
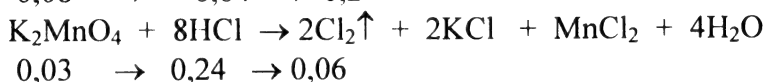
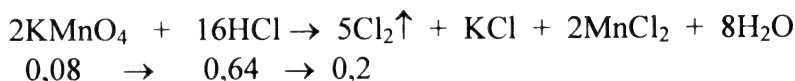
11.



$$12. n_{\text{KMnO}_4} \text{ ban đầu} = \frac{22,12}{158} = 0,14 \text{ mol}; n_{\text{O}_2} = \frac{22,12 - 21,16}{32} = 0,03 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{KMnO}_4} \text{ còn} = 0,14 - 0,06 = 0,08 \text{ mol}$$



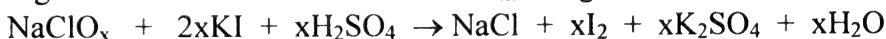
$$\Rightarrow n_{\text{Cl}_2} = 0,2 + 0,06 + 0,03 = 0,29 \text{ mol} \Rightarrow V_{\text{Cl}_2} = 0,29.22,4 = 6,50 \text{ lít}$$

$$\Rightarrow n_{\text{HCl}} = 0,64 + 0,24 + 0,12 = 1,0 \text{ mol}$$

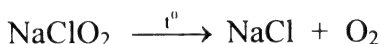
$$\Rightarrow V_{\text{ddHCl}} = \frac{m_{\text{ddHCl}}}{d} = \frac{1,36.5.100\%}{36,5\%.1,18} = 84,74 \text{ ml}$$

$$13. n_{\text{I}_2} = \frac{3,05}{254} = 0,012 \text{ mol}$$

Đặt công thức của muối chưa biết là  $\text{NaClO}_x$ , trong đó  $x = 1 \div 4$ .



$$\Rightarrow \frac{0,543}{23 + 35,5 + 16x} = \frac{0,012}{x} \Rightarrow x = 2 \Rightarrow \text{Muối ban đầu là } \text{NaClO}_2.$$

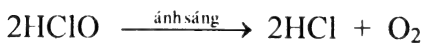
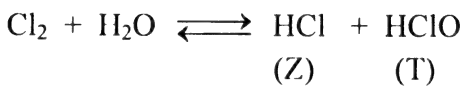
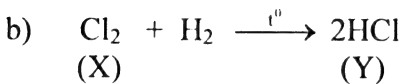
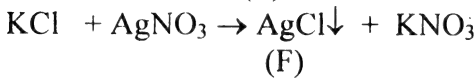
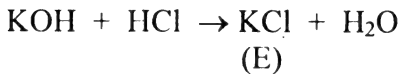
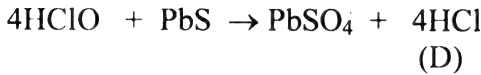
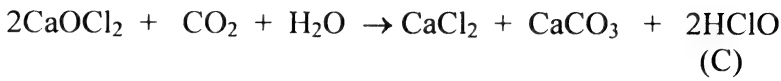
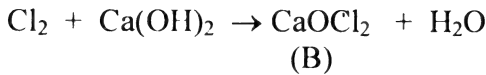
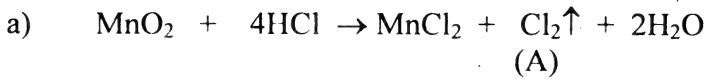


Cứ 1 mol  $\text{NaClO}_2$  90,5 gam tạo nên 1 mol  $\text{NaCl}$  (58,5 gam). Khối lượng giảm 32 gam hay:

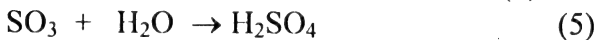
$$\frac{32.100\%}{90,5} = 35,4\%$$

Vậy  $\text{NaClO}_2$  có khối lượng giảm 35,4%.

14.



15. Các phương trình phản ứng:



$$(4)(5) \Rightarrow n_{\text{SO}_2} = n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{191,180}{100,98} = 1,56 \text{ mol}$$

$$(4) \Rightarrow n_{\text{O}_2} = \frac{1}{2} n_{\text{SO}_2} = 0,78 \text{ mol}$$

$$(6) \Rightarrow n_{\text{CaCO}_3} = n_{\text{K}_2\text{CO}_3} = n_{\text{CaCl}_2} = 0,360,5 = 0,18 \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{CaCO}_3} = 100.0,18 = 18 \text{ gam}$$

b) Gọi x, y là số mol  $\text{KClO}_3$  và  $\text{KCl}$  trong hỗn hợp A. Ta có:

$$x + y = \frac{m_A - m_{\text{O}_2} - m_{\text{CaCl}_2}}{M_{\text{KCl}}} = \frac{83,68 - 0,78.32 - 0,18.111}{74,5} = 0,52 \quad (1)$$

Theo đầu bài:

$$x + y + 0,18.2 = \frac{22y}{3} \quad (2)$$

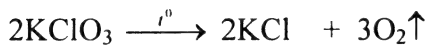
Giải hệ (1)(2) ta được:  $x = 0,4$  mol và  $y = 0,12$  mol

Phần trăm khối lượng  $\text{KClO}_3$  trong A là

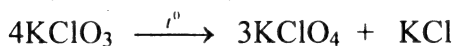
$$\% \text{KClO}_3 = \frac{0,4 \cdot 122,5 \cdot 100\%}{83,68} = 58,55\%$$



$$0,03 \quad \leftarrow \quad \frac{4,305}{143,5} = 0,03$$



$$0,02 \quad \leftarrow \quad 0,02 \leftarrow 0,03$$



$$0,04 \quad \leftarrow \quad 0,03 \leftarrow (0,03 - 0,02) = 0,01$$

$$\rightarrow n_{\text{KClO}_3 \text{ dư}} = \frac{12,25}{122,5} - 0,02 - 0,04 = 0,04 \text{ mol}$$

Vậy, chất rắn A chứa: 0,03 mol  $\text{KCl}$ ; 0,03 mol  $\text{KClO}_4$  và 0,04 mol  $\text{KClO}_3$  dư

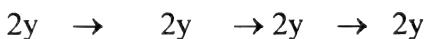
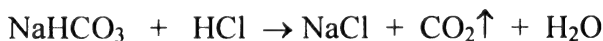
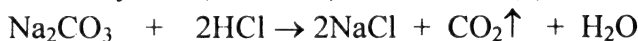
$$\rightarrow m_{\text{KCl}} = 74,5 \cdot 0,03 = 2,235 \text{ gam}; m_{\text{KClO}_3} = 122,5 \cdot 0,04 = 4,9 \text{ gam};$$

$$m_{\text{KClO}_4} = 138,5 \cdot 0,03 = 4,155 \text{ gam}$$

17. Đặt  $\text{MCl}$  là công thức của muối clorua của kim loại kiềm

Gọi  $2x$ ,  $2y$ ,  $2z$  lần lượt là số mol của  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$  và  $\text{MCl}$  chứa trong hỗn hợp. Ta có:

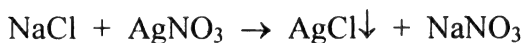
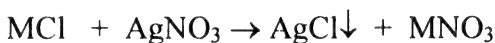
$$212x + 168y + 2(M + 35,5)z = 43,71 \quad (1)$$



$$\Rightarrow x + y = \frac{17,6}{2,44} = 0,2 \quad (2)$$

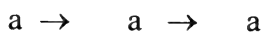
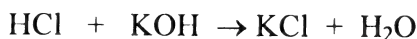
Dung dịch A chứa  $\text{MCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{HCl}$  dư

$$\bullet \frac{1}{2} \text{A} + \text{AgNO}_3:$$



$$\Rightarrow 2x + y + a + z = \frac{68,88}{143,5} = 0,48 \quad (3)$$

$$\bullet \frac{1}{2} A + KOH: n_{KOH} = 0,125 \cdot 0,8 = 0,1 \text{ mol}$$



$\Rightarrow a = 0,1 \text{ mol}$ . Thay  $a$  vào (3):

$$2x + y + z = 0,38 \quad (4)$$

$$\Rightarrow m_{\text{muối}} = m_{KCl} + m_{NaCl} + m_{MCl} = 74,5 \cdot 0,1 + 58,5(2x + y) + (M + 35,5)z = 29,68$$

$$\Rightarrow 58,5(2x + y) + (M + 35,5)z = 22,23 \quad (5)$$

Giải hệ (1) (2) (4) (5) ta được:

$$x = 0,15 \text{ mol}; y = 0,05 \text{ mol}; z = 0,03 \text{ mol}; M = 23 \text{ (Na)}$$

b) Phần trăm khối lượng của mỗi kim loại trong hỗn hợp đầu:

$$\%Na_2CO_3 = \frac{2 \cdot 0,15 \cdot 106 \cdot 100\%}{43,71} = 72,75\%$$

$$\%NaHCO_3 = \frac{2 \cdot 0,05 \cdot 84 \cdot 100\%}{43,71} = 19,21\%$$

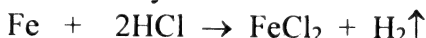
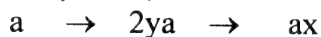
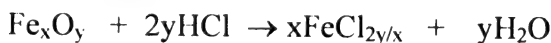
$$\%KCl = 100\% - (72,75\% + 19,21\%) = 8,04\%$$

$$c) n_{HCl} \text{ đã dùng} = 4x + 2y = 0,7 \text{ mol}$$

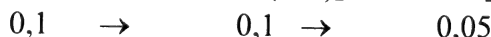
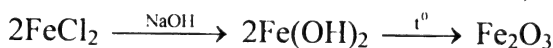
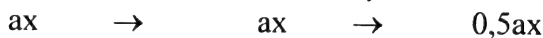
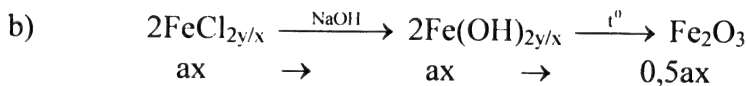
$$\Rightarrow V_{dd HCl} = \frac{m_{HCl} \cdot 100\%}{C \% \cdot d} = \frac{0,7 \cdot 36,5 \cdot 100\%}{10,52\% \cdot 1,05} = 231,3 \text{ ml}$$

18.

$$a) n_{H_2} = \frac{PV}{RT} = \frac{1,4,48}{0,082(273 + 273)} = 0,1 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow \%Fe = \frac{0,1 \cdot 56 \cdot 100\%}{28,8} = 19,44\% \rightarrow \%Fe_xO_y = 100\% - 19,44\% = 80,56\%$$



$$\Rightarrow 80(ax + 0,05) = 32 \rightarrow ax + 0,1 = 0,4 \Rightarrow ax = 0,3 \text{ mol}$$

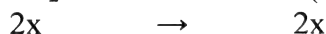
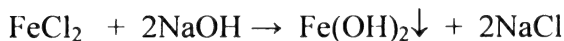
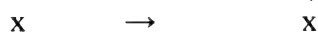
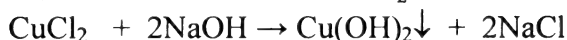
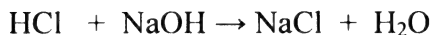
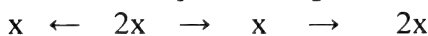
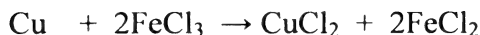
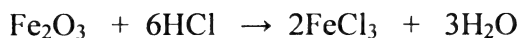
$$\text{Mặt khác: } m_Y = 56 \cdot 0,1 + (56x + 16y)a = 28,8 \Rightarrow ay = 0,4 \text{ mol}$$

$$\frac{x}{y} = \frac{0,3}{0,4} = \frac{3}{4} \quad (Fe_3O_4)$$

$$c) n_{HCl} = 2ay + 0,2 = 2(0,4 + 0,1) = 1 \text{ mol} \Rightarrow V_{dd HCl} = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ lít} = 500 \text{ ml}$$

19.

a) Phần 1:

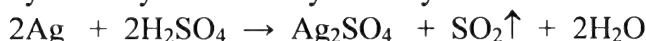
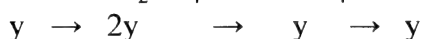
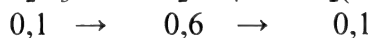
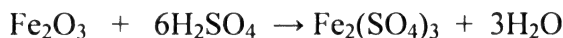


$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = 98x + 90.2x = 27,8 \Rightarrow x = 0,1 \text{ (mol)}$$

$$\Rightarrow m_Z = 47,2 - (160 + 64).0,1 = 24,8 \text{ (gam)}$$

$$\text{b) } m_{\text{SO}_2} = 47,2 - 31,2 = 16 \text{ (gam)} \Rightarrow n_{\text{SO}_2} = \frac{16}{64} = 0,25 \text{ (mol)} \Rightarrow V = 0,25.22,4 = 5,6 \text{ lít}$$

c)



$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} 64y + 108z = 47,2 - 160.0,1 \\ y + 0,5z = 0,25 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y = 0,15 \\ z = 0,2 \end{cases}$$

$$m_{\text{ddA}} = 100 + 31,2 = 131,2 \text{ (gam)}$$

Nồng độ phần trăm các chất trong A là

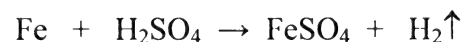
$$\text{C\%}_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{400.0,1.100\%}{131,2} = 30,48\%$$

$$\text{C\%}_{\text{CuSO}_4} = \frac{160.0,15.100\%}{131,2} = 18,29\%$$

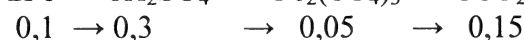
$$\text{C\%}_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = \frac{312.0,1.100\%}{131,2} = 23,78\%$$

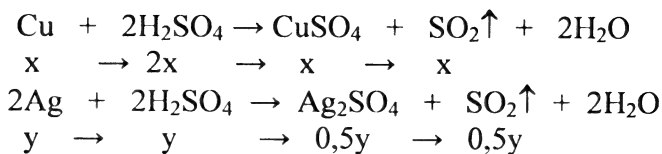
20. a) Tính m

• Phần 2 :



• Phần 3 :

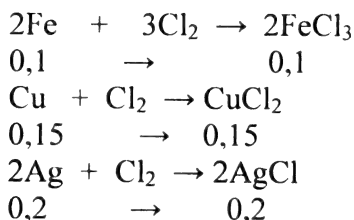




Ta có hệ :

$$\begin{cases} 0,15 + x + 0,5y = 0,4 \\ 56.0,1 + 64x + 108y = \frac{110,4}{3} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,2 \end{cases}$$

• Phần 1 :



$$\Rightarrow m = 162,5.0,1 + 135.0,15 + 143,5.0,2 = 65,2 \text{ (gam)}.$$

$$\text{b) } n_{\text{H}_2\text{SO}_4} (\text{phản ứng}) = 0,3 + 2.0,15 + 0,2 = 0,8 \text{ (mol)}$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} (\text{còn}) = 1,2 - 0,8 = 0,4 \text{ (mol)}$$

$$m_{\text{ddY}} = 36,8 + 120 - 64.0,4 = 131,2 \text{ (gam)}$$

$$C\%_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,4.98.100\%}{131,2} = 29,87\%$$

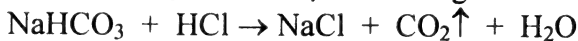
$$C\%_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{0,05.400.100\%}{131,2} = 15,24\%$$

$$C\%_{\text{CuSO}_4} = \frac{0,15.160.100\%}{131,2} = 18,29\%$$

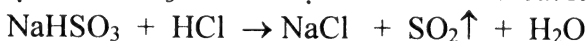
$$C\%_{\text{Ag}_2\text{SO}_4} = \frac{0,1.312.100\%}{131,2} = 23,78\%$$

21. a) Dùng dung dịch HCl làm thuốc thử. Nhận ra:

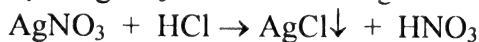
- Dung dịch  $\text{NaHCO}_3$ : Có sủi bọt khí không mùi thoát ra.



- Dung dịch  $\text{NaHSO}_3$ : Có sủi bọt khí mùi xốc thoát ra.

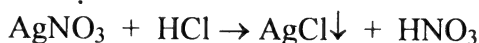


- Dung dịch  $\text{AgNO}_3$ : Có kết tủa trắng xuất hiện.



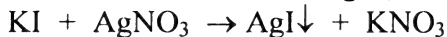
Dung dịch không hiện tượng gì là NaCl.

b) Dùng dung dịch HCl làm thuốc thử. Nhận ra dung dịch  $\text{AgNO}_3$  vì có kết tủa trắng xuất hiện.



Dùng dung dịch  $\text{AgNO}_3$  làm thuốc thử đối với các dung dịch còn lại nhận ra:

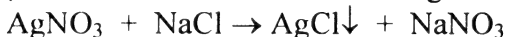
- Dung dịch KI: Vì có kết tủa màu vàng đậm xuất hiện.



- Dung dịch KBr: Vì có kết tủa màu vàng nhạt xuất hiện.



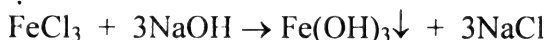
- Dung dịch NaCl: Vì có kết tủa màu trắng xuất hiện.



Dung dịch còn lại là  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  không hiện tượng gì.

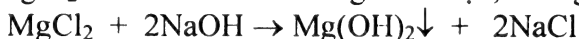
**22.**

a) Nhận ra dung dịch  $\text{FeCl}_3$  vì có màu vàng nhạt. Dùng dung dịch  $\text{FeCl}_3$  làm thuốc thử đối với các dung dịch còn lại. Nhận ra dung dịch NaOH vì có kết tủa màu nâu đỏ xuất hiện.

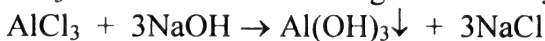


Lấy dung dịch NaOH cho vào 4 dung dịch còn lại. Nhận ra:

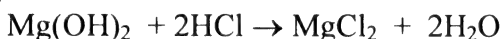
- Dung dịch  $\text{MgCl}_2$ : Có kết tủa màu trắng xuất hiện, không tan trong NaOH dư.



- Dung dịch  $\text{AlCl}_3$ : Vì có kết tủa màu trắng keo xuất hiện, tan trong NaOH dư.

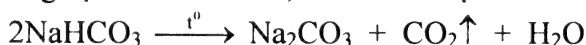


- Dung dịch HCl và  $\text{BaCl}_2$  không hiện tượng. Dung dịch nào hòa tan kết tủa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  là dung dịch HCl



Dung dịch còn lại là  $\text{BaCl}_2$ .

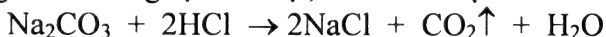
b) Đun nóng nhẹ dung dịch các mẫu thử, nếu có sủi bọt khí thoát ra  $\text{NaHCO}_3$ .



Dùng dung dịch  $\text{NaHCO}_3$  làm thuốc thử đối với các dung dịch còn lại. Nhận ra dung dịch HCl vì có khí thoát ra.



Cho HCl tác dụng với ba dung dịch còn lại, nếu có sủi bọt khí thoát ra là  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

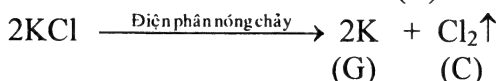
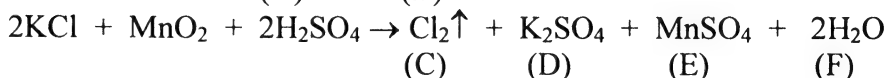
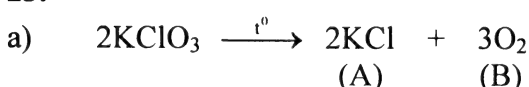


Lấy  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  cho vào hai dung dịch  $\text{BaCl}_2$  và NaCl. Nếu có kết tủa trắng xuất hiện thì đó là dung dịch  $\text{BaCl}_2$ .

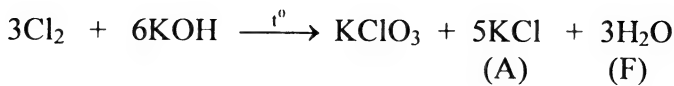


Dung dịch còn NaCl không hiện tượng gì.

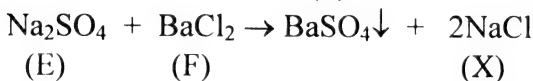
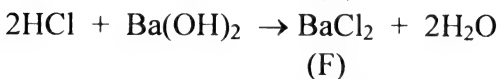
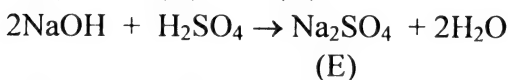
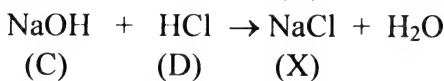
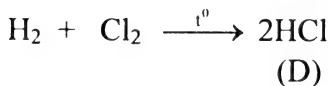
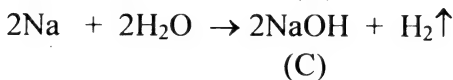
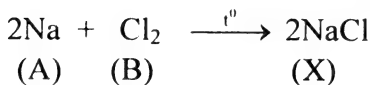
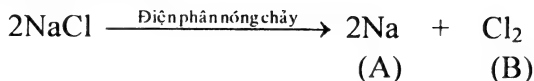
**23.**





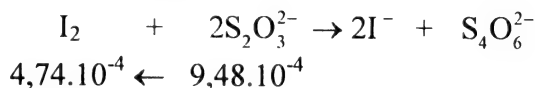


b) Cho X là NaCl



24.

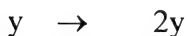
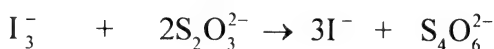
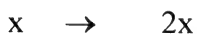
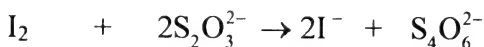
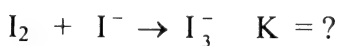
a) Trong pha hữu cơ  $\text{CCl}_4$ :



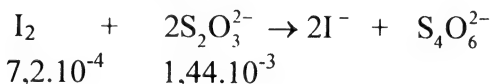
$$\Rightarrow n_{\text{I}_2(\text{H}_2\text{O})} = 5,26 \cdot 10^{-4} \text{ mol} \Rightarrow C_{\text{I}_2(\text{CCl}_4)} = 0,0474 \text{ M}; C_{\text{I}_2(\text{H}_2\text{O})} = 5,26 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

$$\Rightarrow Q = \frac{0,0474}{5,26 \cdot 10^{-4}} = 90.$$

b) Trong pha nước:



Trong pha hữu cơ  $\text{CCl}_4$ :



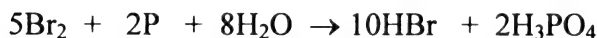
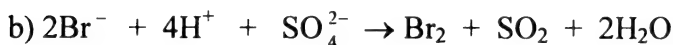
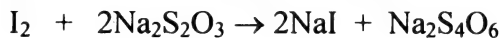
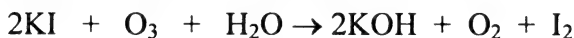
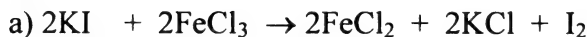
Ta có:

$$Q = \frac{[I_2]_{CCl_4}}{[I_2]_{H_2O}} = 90 \Rightarrow [I_2]_{H_2O} = \frac{7,2 \cdot 10^{-4}}{90} = 8 \cdot 10^{-6} M \Rightarrow [I_3] = 0,2 M$$

Vậy:

$$K = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{8 \cdot 10^{-6} \cdot (0,45 - 0,2)} = 10^3$$

25.



Vì khi thêm HCl vào thì khối lượng chất rắn tăng  $\Rightarrow$  Trong thí nghiệm 1 HCl hết, M còn

$$n_{HCl}(\text{thí nghiệm 1}) = \frac{16,614 - 3,834}{35,5} = 0,36 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow C_{M HCl} = \frac{0,36}{0,36} = 1M$$

$$n_{HCl}(\text{thí nghiệm 2}) = \frac{18,957 - 16,614}{35,5} = 0,066 \text{ mol} < 0,24 \text{ mol}$$

$\Rightarrow$  M hết, HCl còn

$$\Rightarrow \Sigma n_{HCl} = 0,36 + 0,066 = 0,426 \text{ mol}$$

$$(*) \Rightarrow n_M = \frac{0,426}{n} = \frac{3,834}{M} \Rightarrow M = 9n \Rightarrow n = 3 \text{ và } M = 27 (Al)$$

## A. LÝ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO

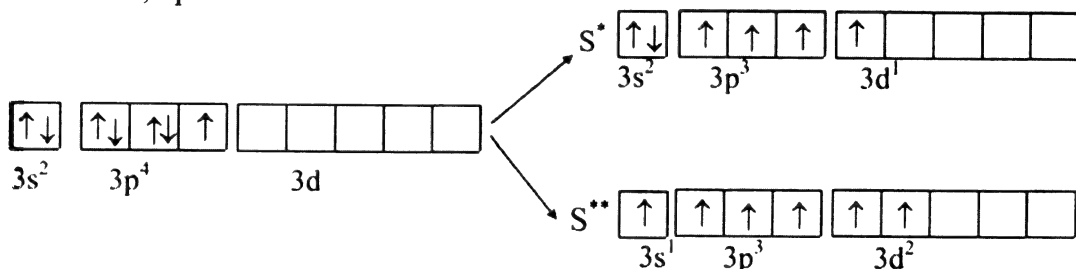
### I. TÍNH CHẤT CỦA OXI VÀ LƯU HUỖNH

#### 1. Cấu hình electron

Nguyên tử O có cấu hình electron  $1s^2 2s^2 2p^4$ , có 2 electron độc thân.

Nguyên tử S có cấu hình electron:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ , có 2 electron độc thân.

Khác với nguyên tử O, trong nguyên tử S còn phân lớp 3d trống, khi bị kích thích các electron cặp đôi có thể chuyển thành electron độc thân khi nhảy từ mức 3s, 3p lên 3d.

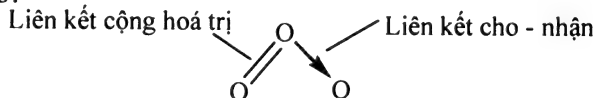


Trong các hợp chất của O (trừ hợp chất với flo và hợp chất peoxit), nguyên tố O có số oxi hoá là -2.

Trong các hợp chất của S với những nguyên tố có độ âm điện nhỏ hơn (kim loại, hidro, ...), nguyên tố S có số oxi hoá -2. Còn trong các hợp chất cộng hoá trị của S với những nguyên tố có độ âm điện lớn hơn (oxi, clo, ...), nguyên tố S có số oxi hoá +4 hoặc +6.

#### 2. Tính chất vật lí

Oxi tồn tại ở trạng thái phân tử  $O_2$  ( $O = O$ ). Điều kiện thường là một chất khí không màu, không mùi, hơi nặng hơn không khí. Oxi ít tan trong nước, oxi hóa lỏng khi bị nén ở áp suất cao và nhiệt độ thấp. Oxi lỏng là một chất lỏng màu xanh nhạt,  $t_s^0 = -183^0C$ . Oxi còn tồn tại ở một trạng thái khác là ozon ( $O_3$ ) có công thức cấu tạo:



Lưu huỳnh là chất rắn màu vàng, nhiệt độ nóng chảy tương đối thấp. Lưu huỳnh không tan trong nước, nhưng tan được trong các dung môi hữu cơ. Khi bị đun nóng lưu huỳnh thành dẻo, màu hơi nâu, sau đó nếu tiếp tục đun nóng mạnh sẽ tạo ra hơi lưu huỳnh có màu nâu sẫm. Lưu huỳnh có hai dạng thù hình : Lưu huỳnh tà

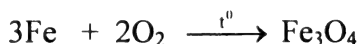
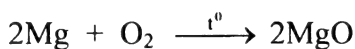
phương ( $S_{\alpha}$ ) và lưu huỳnh đơn tà ( $S_{\beta}$ ). Chúng khác nhau về cấu tạo tinh thể và một số tính chất vật lý, nhưng tính chất hoá học giống nhau.

### 3. Tính chất hóa học

#### 3.1. Oxi

Nguyên tố oxi có độ âm điện lớn (3,44), chỉ đứng sau flo (3,98). Khi tham gia phản ứng, nguyên tử O dễ dàng nhận thêm 2 electron. Do vậy, oxi là nguyên tố phi kim hoạt động, có tính oxi hoá mạnh. Trong các hợp chất (trừ hợp chất với flo và hợp chất peoxit), nguyên tố oxi có số oxi hoá -2.

- Oxi hóa trực tiếp với nhiều kim loại (trừ Pt, Au,...) thành oxit bazơ hoặc oxit lưỡng tính.



Nếu sắp xếp các kim loại theo dãy:

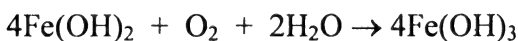
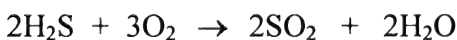
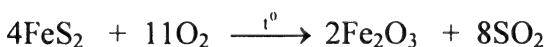
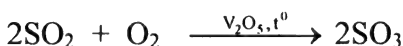
K Ba Ca Na Mg Al Zn Fe Pb Cu Hg Ag Pt Au

Thì phản ứng diễn ra như sau:

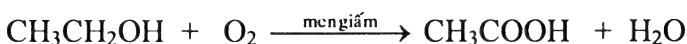
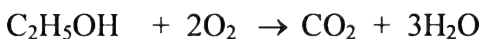
- Các kim loại K, Na cháy tạo thành oxit (như  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) khi có lượng  $\text{O}_2$  hạn chế, còn nếu dư  $\text{O}_2$  thì sẽ tạo thành peoxit (như  $\text{Na}_2\text{O}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O}_2$ ).
- Các kim loại từ Ca, Mg, Al, Zn, Fe cháy tạo thành oxit và khả năng phản ứng với  $\text{O}_2$  giảm dần.
- Các kim loại Pb → Hg không cháy nhưng tạo thành một lớp màng oxit trên bề mặt.
- Các kim loại Ag → Au không cháy và không tạo thành lớp oxit trên bề mặt.
- Khi đun nóng oxi hóa được nhiều phi kim (trừ halogen) tạo oxit axit hoặc oxit không tạo muối.



- Oxi hóa với được nhiều hợp chất có tính khử



- Oxi hóa hoàn toàn hoặc không hoàn toàn nhiều hợp chất hữu cơ



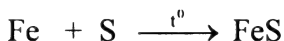
### 3.2. Lưu huỳnh

- Đơn chất lưu huỳnh (số oxi hóa = 0) có số oxi hóa trung gian giữa - 2 và +6. Khi tham gia phản ứng hóa học, nó thể hiện tính oxi hóa hoặc tính khử.
- Lưu huỳnh thể hiện tính oxi hóa yếu hơn oxi nhưng tính khử mạnh hơn oxi.

#### 3.2.1. Tính oxi hóa:



- Tác dụng với nhiều kim loại (trừ Au, Pt) khi đun nóng tạo muối sunfua.



Đặc biệt lưu huỳnh tác dụng với thủy ngân ngay ở nhiệt độ thường.

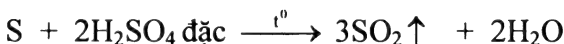
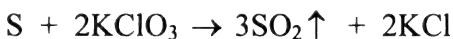


Người ta lợi dụng tính chất này để khử Hg kim loại bị rơi vãi dưới dạng những hạt rất nhỏ bằng cách rắc bột S.

- Tác dụng với hầu hết các phi kim (trừ N<sub>2</sub> và I<sub>2</sub>) và hợp chất có tính khử:



#### 3.2.2. Tính khử



Lưu ý: Các dung dịch: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng, HCl, HNO<sub>3</sub> loãng nguội, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc, nguội không tác dụng với lưu huỳnh.

#### 3.2.3. Tính tự oxi hóa - khử



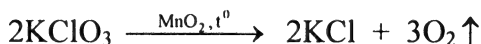
### 4. Điều chế

#### 4.1. Điều chế oxi

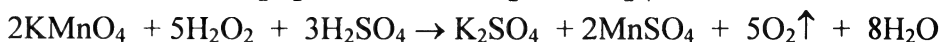
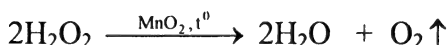
##### a) Trong phòng thí nghiệm

Nhiệt phân các hợp chất chứa oxi, kém bền với nhiệt như KMnO<sub>4</sub>, KClO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,

...



Hoặc:



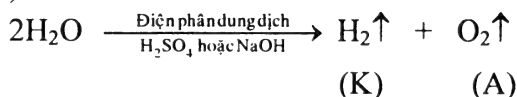
### b) Trong công nghiệp

- Từ không khí

Không khí sau khi đã loại bỏ  $\text{CO}_2$ , bụi và hơi  $\text{H}_2\text{O}$ , được hóa lỏng. Chúng cất phân đoạn không khí lỏng, thu được khí oxi ở  $-183^\circ\text{C}$ .

- Từ nước

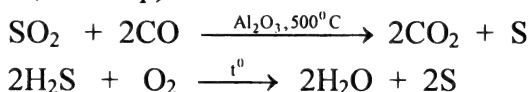
Điện phân nước (có hòa tan chất điện li như  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hoặc  $\text{NaOH}$  để tăng tính dẫn điện của nước).



### 4.2. Điều chế lưu huỳnh

- Từ các mỏ lưu huỳnh tự do, dùng hơi nước nấu nóng quá  $119,3^\circ\text{C}$  để tách khỏi đất đá.

- Thu hồi cặn bã công nghiệp: Khí  $\text{SO}_2$  (khói nhà máy luyện Cu, Pb, Zn), khí  $\text{H}_2\text{S}$  (khói lò than cốc, khí thấp).

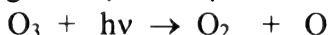


## II. TÍNH CHẤT CÁC HỢP CHẤT CỦA OXI VÀ LƯU HUỖNH

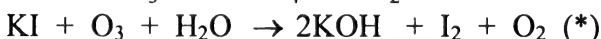
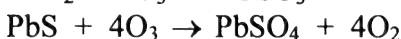
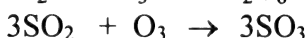
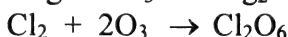
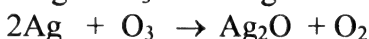
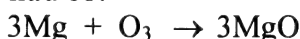
### 1. Ozon và hidropeoxit

#### 1.1. Ozon

Có tính oxi hóa rất mạnh và mạnh hơn  $\text{O}_2$  do phân tử kém bền dễ phân hủy cho oxi nguyên tử hoạt động hóa học rất mạnh.



- $\text{O}_3$  oxi hóa hầu hết các kim loại (trừ Pt, Au), phi kim và hợp chất vô cơ có tính khử, các hợp chất hữu cơ.

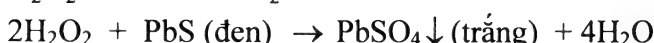
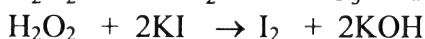


Ở điều kiện thường  $\text{O}_2$  không phản ứng với Ag, PbS, dung dịch KI. Dùng phản ứng (\*) để nhận biết  $\text{O}_3$  bằng giấy tẩm hồ tinh bột không màu  $\Rightarrow$  hóa xanh (có  $\text{I}_2$ )

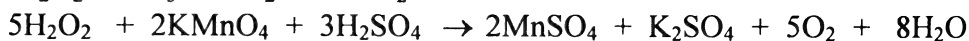
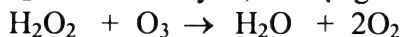
#### 1.2. Hidro peoxit (nước oxi già)

Số oxi hóa của nguyên tử oxi trong  $\text{H}_2\text{O}_2$  là -1, là số oxi hóa trung gian. Vì vậy,  $\text{H}_2\text{O}_2$  vừa có tính oxi hóa vừa có tính khử

- $\text{H}_2\text{O}_2$  có tính oxi hóa mạnh khi tác dụng với chất khử



- $\text{H}_2\text{O}_2$  có tính khử yếu, tác dụng với chất oxi hóa mạnh

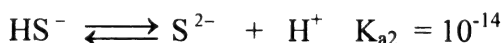


(Phản ứng này dùng để định lượng  $\text{H}_2\text{O}_2$ )

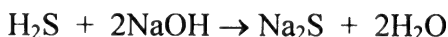
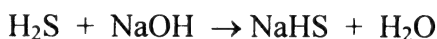
## 2. Hidrosunfua và muối sunfua ( $\text{S}^{2-}$ )

### 2.1. Hidrosunfua $\text{H}_2\text{S}$

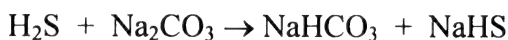
- Chất khí mùi trứng thối, độc, ít tan trong nước, thể hiện tính axit yếu (axit sunfuhidric  $\text{H}_2\text{S}$ ).



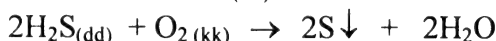
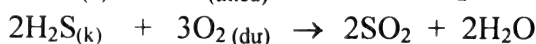
$\text{H}_2\text{S}$  tác dụng với dung dịch kiềm tạo thành muối trung hòa hoặc muối axit. Thí dụ:



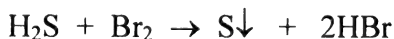
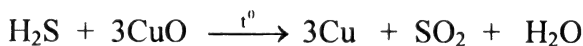
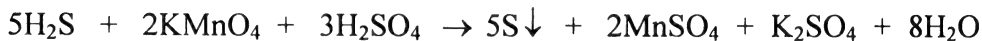
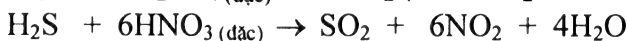
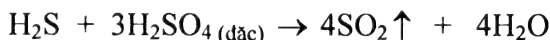
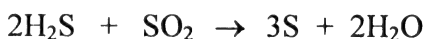
Đặc biệt  $\text{H}_2\text{S}$  tác dụng với các dung dịch muối cacbonat kim loại kiềm chỉ tạo ra muối hidrocacbonat:



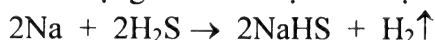
- Thể hiện tính khử mạnh



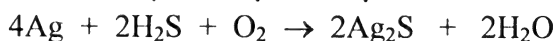
Tác dụng với hầu hết các chất oxi hóa như  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc,  $\text{HNO}_3$ , dung dịch  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{CuO}$ , ...



*Lưu ý:* Hidrosunfua tác dụng với kim loại kiềm tạo thành muối axit:

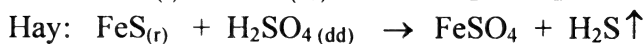
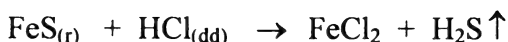


Còn với các kim loại khác thì tạo thành muối sunfua. Đặc biệt  $\text{H}_2\text{S}$  khan không tác dụng với  $\text{Cu}$ ,  $\text{Ag}$ ,  $\text{Hg}$ , nhưng khi có mặt hơi nước thì lại tác dụng khá nhanh làm cho bề mặt của kim loại xám lại. Thí dụ:



(màu đen)

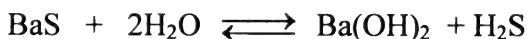
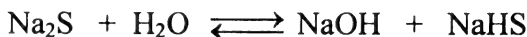
• Điều chế:



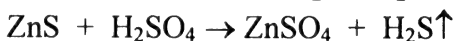
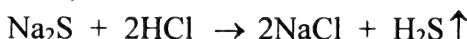
2.2. Muối sunfua  $\text{S}^{2-}$

- Muối sunfua của các kim loại nhóm IA, IIA (trừ Be) tan trong nước còn lại không tan trong nước.

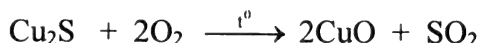
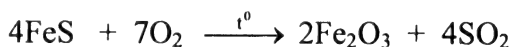
- Muối sunfua ( $\text{S}^{2-}$ ) và hidrosunfua ( $\text{HS}^-$ ) tan được trong nước đều bị thủy phân



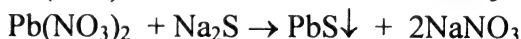
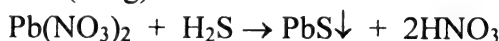
- Một số muối sunfua có màu đặc trưng:  $\text{ZnS}$  (trắng),  $\text{MnS}$  (hồng),  $\text{CdS}$  (vàng),  $\text{CuS}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $\text{PbS}$ ,  $\text{HgS}$  ... màu đen.
- Muối sunfua là muối của axit yếu nên dễ tan trong dung dịch axit mạnh như  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng sinh ra khí  $\text{H}_2\text{S}$  (trừ muối sunfua của một số kim loại nặng như  $\text{PbS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{HgS}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$ , ...).



- Tất cả các muối sunfua đều có tính khử mạnh. Khi nung ngoài không khí sẽ cho ta oxit có số oxi hóa tối đa và khí  $\text{SO}_2$ :



- Thuộc thử của  $\text{H}_2\text{S}$  và muối sunfua tan là dung dịch  $\text{Pb}^{2+}$  hay  $\text{Cd}^{2+}$  vì dễ nhận ra kết tủa  $\text{PbS}$  (đen) và  $\text{CdS}$  (vàng)



3. Lưu huỳnh đioxit  $\text{SO}_2$  và lưu huỳnh trioxit  $\text{SO}_3$

3.1. Lưu huỳnh đioxit hay anhidrit sunfuro hay lưu huỳnh (IV) oxit  $\text{SO}_2$

- Công thức cấu tạo:



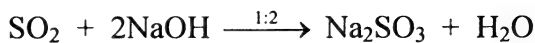
- $\text{SO}_2$  là chất khí không màu, mùi hắc, nặng hơn 2 lần không khí, dễ hóa lỏng ( $t_s^0 = -10^0\text{C}$ ) và dễ hóa rắn ( $t_{nc}^0 = -75^0\text{C}$ ), tan nhiều trong nước tạo thành dung dịch axit sunfuro ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ )



Axit  $\text{H}_2\text{SO}_3$  là một axit yếu với  $K_1 = 2.10^{-2}$  và  $K_2 = 6.10^{-8}$ .



- $\text{SO}_2$  là oxit axit tác dụng được với oxit bazơ, bazơ kiềm tạo ra muối và nước. Khi tác dụng với bazơ kiềm sản phẩm có thể là muối trung hòa, muối axit hoặc cả hai muối tùy thuộc vào tỉ lệ mol. Thí dụ :



Nguyên tắc:

- + ) Dư bazơ  $\Rightarrow$  muối trung hòa tức sunfit.
- + ) Dư  $\text{SO}_2 \Rightarrow$  muối axit tức hidrosunfit (bisunfit).
- + ) Sản phẩm hai muối  $\Rightarrow$  cả  $\text{SO}_2$  và bazơ đều hết.

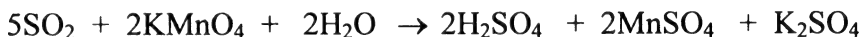
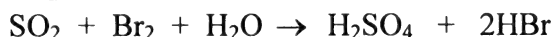
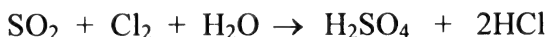
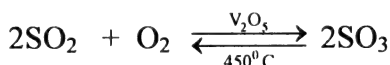
Chỉ có sunfit của kim loại kiềm là tan, sunfit của các kim loại khác thực tế không tan; hidrosunfit kim loại kiềm tách được ở dạng tự do, các hidrosunfit của kim loại khác chỉ tồn tại trong dung dịch.

Điểm đặc biệt là dung dịch nóng của  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  hòa tan bột lưu huỳnh thành natri thiosunfat.

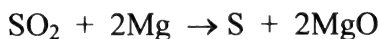
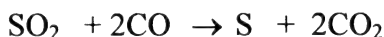


- Do số oxi hóa của nguyên tố lưu huỳnh trong phân tử  $\text{SO}_2$  là + 4 (trung gian) nên  $\text{SO}_2$  thể hiện:

- Tính khử mạnh (chủ yếu) chỉ kém  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ .



- Tính oxi hóa yếu: Chỉ thể hiện khi tác dụng với chất khử mạnh như  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{HI}$ :



- Điều chế  $\text{SO}_2$

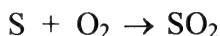
- Trong phòng thí nghiệm:



Thu khí  $\text{SO}_2$  vào bình bằng phương pháp đẩy không khí. Để làm khô khí  $\text{SO}_2$ , người ta cho khí này (lẫn hơi nước) đi qua bình đựng  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc.

- Trong công nghiệp:

- + ) Đốt cháy lưu huỳnh:

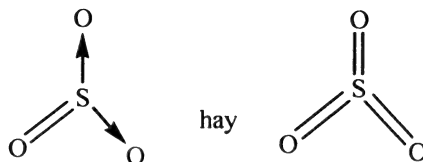


- + ) Đốt quặng sunfua kim loại, như pirit sắt ( $\text{FeS}_2$ ):

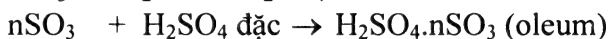


### 3.2. Lưu huỳnh trioxit hay lưu huỳnh (VI) oxit hay anhidrit sunfuric $\text{SO}_3$

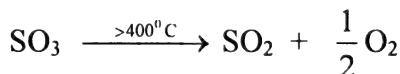
- Công thức cấu tạo:



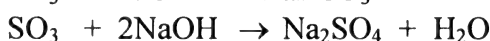
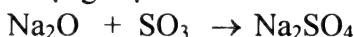
- Ở điều kiện thường  $\text{SO}_3$  là chất lỏng không màu (nóng chảy ở  $17^\circ\text{C}$ , sôi ở  $45^\circ\text{C}$ ).  $\text{SO}_3$  tan vô hạn trong nước và trong axit sunfuric.



- Phân tử kém bền, tự phân hủy ở trên  $400^\circ\text{C}$ , là chất oxi hóa mạnh vì nguyên tử S có số oxi hóa cao nhất +6:

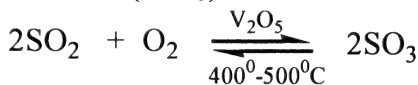


- $\text{SO}_3$  là oxit axit, tác dụng mạnh với các oxit bazơ và bazơ tạo thành muối sunfat.



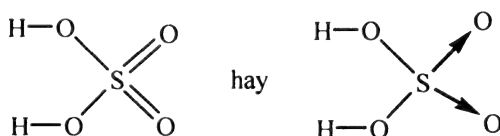
- Điều chế  $\text{SO}_3$

Trong công nghiệp,  $\text{SO}_3$  được điều chế bằng cách oxi hóa  $\text{SO}_2$  ở nhiệt độ cao ( $450^\circ\text{C}$  -  $500^\circ\text{C}$ ) có chất xúc tác ( $\text{V}_2\text{O}_5$ ).



## 4. Axit sunfuric

- Công thức cấu tạo:



Trong hợp chất  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , nguyên tố S có số oxi hóa cực đại là +6.

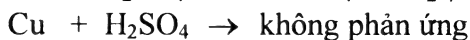
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  là chất lỏng không màu, sánh như dầu, không bay hơi, nặng gấp gấp hai lần nước ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% có  $D = 1,84 \text{ g/cm}^3$ ).  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc rất dễ hút ẩm, tính chất này được dùng để làm khô khí ẩm.

- $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc tan trong nước, tạo thành những hidrat  $\text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{nH}_2\text{O}$  và toả một lượng nhiệt lớn. Nếu rót nước vào axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nước sôi đột ngột kéo theo những giọt axit sunfuric bắn ra xung quanh gây nguy hiểm. Vì vậy muốn pha loãng axit sunfuric đặc, người ta phải rót từ từ axit vào nước và khuấy nhẹ bằng đũa thủy tinh, tuyệt đối không làm ngược lại.

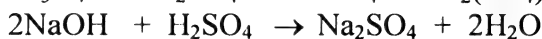
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng thể hiện đầy đủ tính chất chung của axit :

- Đổi màu quỳ tím thành đỏ.

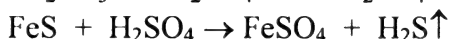
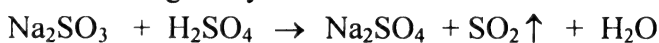
- Tác dụng với kim loại hoạt động (đứng trước H), giải phóng  $H_2$



- Tác dụng với oxit bazơ và bazơ

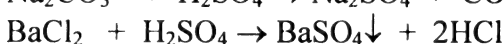
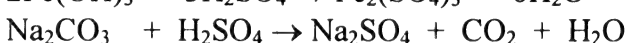
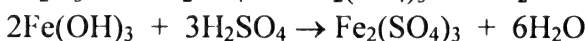


- Tác dụng với muối của những axit yếu

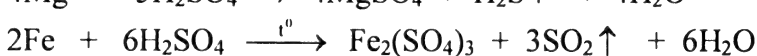
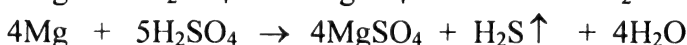
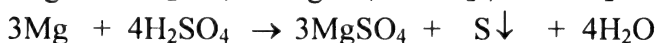
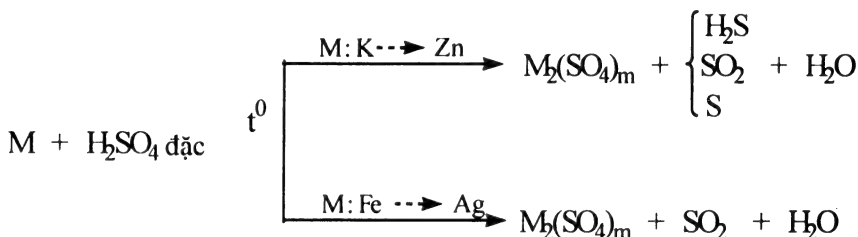


•  $H_2SO_4$  đặc có một số tính chất hóa học đặc trưng sau:

- *Tính axit mạnh*: Thể hiện khi gặp chất không có tính khử

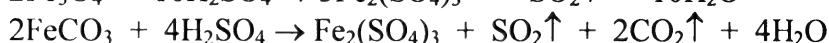
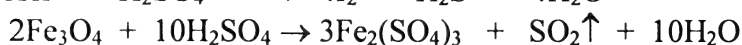
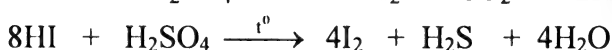
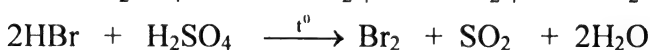
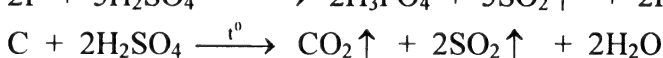
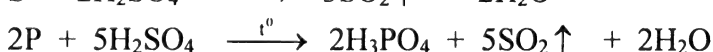
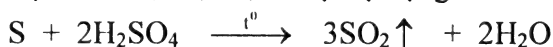


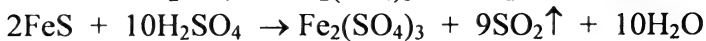
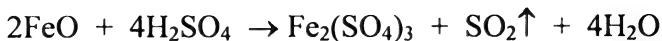
- *Tính oxi hóa mạnh* (tác nhân oxi hóa  $S^{+6}$ ), oxi hóa hầu hết các kim loại (trừ Au, Pt), nhiều phi kim như C, S, P, ... và nhiều hợp chất có tính khử:



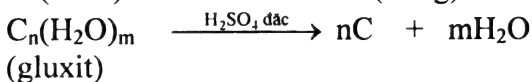
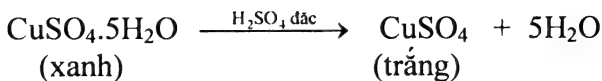
*Chú ý*: m là hóa trị cao nhất của M.

Một số kim loại như Al, Fe, Cr, .... bị thụ động hóa trong  $H_2SO_4$  đặc, nguội.

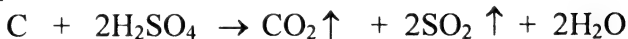




- *Tính háo nước:*



Một phần sản phẩm C bị  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc oxy hóa thành  $\text{CO}_2$ .



**Chú ý:** -  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc không oxi hóa được HF và HCl.

-  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc bị khử một phần bởi  $\text{H}_2$  nên không dùng  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc để làm khô  $\text{H}_2$ .

- Đối với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng thì các ion  $\text{H}^+$  của  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đóng vai trò là chất oxi hóa, do đó nó chỉ tác dụng với các kim loại đứng trước  $\text{H}_2$ , không tác dụng với C, S, HI, HBr.

- Pb không tác dụng với dung dịch HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng (dưới 80%) do các muối chì không tan (PbCl<sub>2</sub> và PbSO<sub>4</sub>) bao bọc bên ngoài kim loại. Nhưng Pb tác dụng dễ dàng với dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc, nóng và tạo thành muối tan Pb(HSO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.

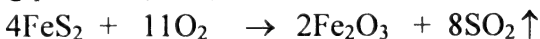


- Sản xuất axit sunfuric:

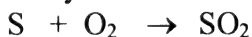
Trong công nghiệp  $\text{H}_2\text{SO}_4$  được sản xuất bằng phương pháp tiếp xúc. Phương pháp này bao gồm 3 giai đoạn:

- Sản xuất  $\text{SO}_2$ :

+ Thiêu quặng pirit sắt ( $\text{FeS}_2$ ):

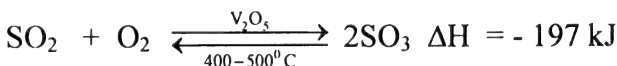


+ Đốt cháy lưu huỳnh:



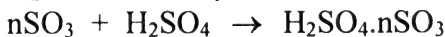
- Sản xuất  $\text{SO}_3$ :

Oxi hóa  $\text{SO}_2$  thành  $\text{SO}_3$  bằng khí oxi hoặc lượng dư không khí ở  $450^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$ , chất xúc tác  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

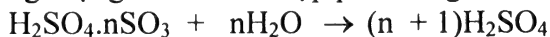


- Sản xuất  $H_2SO_4$ :

Hấp thụ  $\text{SO}_3$  bằng  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% được oleum

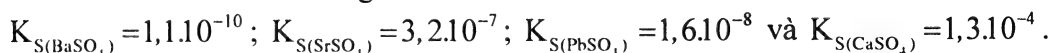


Sau đó dùng lượng nước thích hợp pha loãng oleum, được  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc:

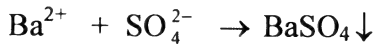


### 5. Muối sunfat ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) và hidrosunfat ( $\text{HSO}_4^-$ )

- Các muối sunfat dễ tan, trừ  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{PbSO}_4$  thực tế không tan,  $\text{CaSO}_4$  ít tan. Tích số tan của chúng là:



- Nhận biết ion  $\text{SO}_4^{2-}$  nhờ ion  $\text{Ba}^{2+}$  (thuốc thử thường dùng là dung dịch  $\text{BaCl}_2$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , ...)



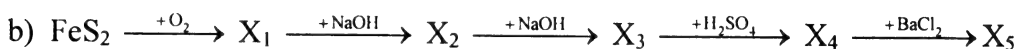
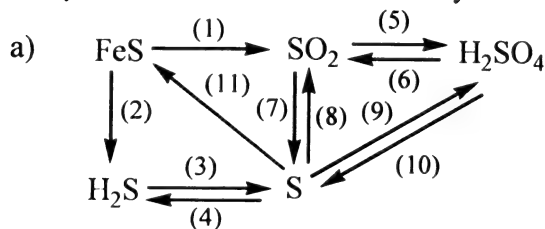
(trắng không tan trong axit hoặc kiềm)

## B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP

### DẠNG 1: HOÀN THÀNH CÁC PHẢN ỨNG HÓA HỌC THEO SƠ ĐỒ CHUYỂN HÓA

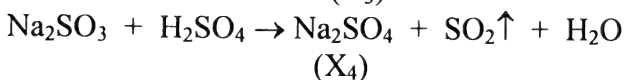
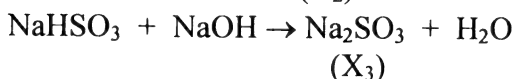
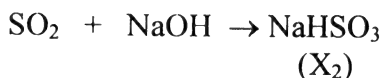
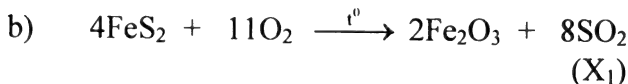
*Phương pháp:* Nắm vững tính chất hoá học và phương pháp điều chế oxi, lưu huỳnh và các hợp chất của chúng.

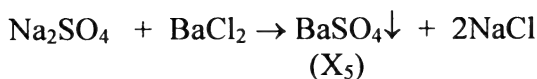
*Ví dụ 1.* Hoàn thành các sơ đồ chuyển hóa sau:



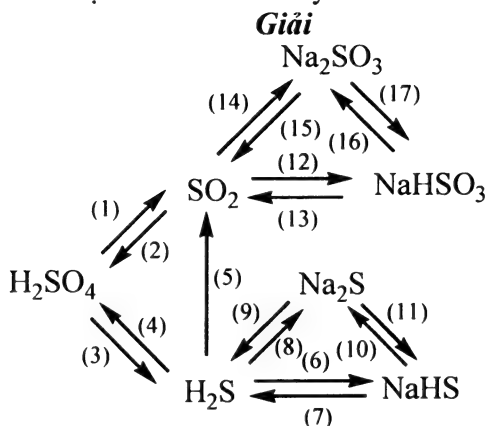
**Giải**

- a)
- (1)  $4\text{FeS} + 7\text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^0} 2\text{Fe}_2\text{O}_3 + 4\text{SO}_2$
  - (2)  $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S} \uparrow$
  - (3)  $2\text{H}_2\text{S} + \text{O}_2 (\text{thiếu}) \xrightarrow{\text{t}^0} 2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
  - (4)  $\text{S} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{t}^0} \text{H}_2\text{S}$
  - (5)  $\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$
  - (6)  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ đặc} \xrightarrow{\text{t}^0} \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$
  - (7)  $\text{SO}_2 + 2\text{Mg} \rightarrow 2\text{MgO} + \text{S}$
  - (8)  $\text{S} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{t}^0} \text{SO}_2$
  - (9)  $\text{S} + 6\text{HNO}_3 \text{ đặc} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 6\text{NO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
  - (10)  $3\text{Mg} + 4\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ đặc} \rightarrow 3\text{MgSO}_4 + \text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$





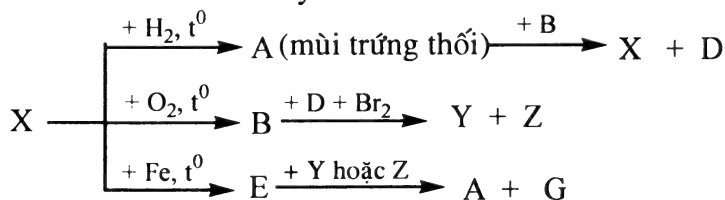
**Ví dụ 2.** Từ các chất ban đầu: H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHS, Na<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NaHSO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>.  
Lập sơ đồ chuyển hóa biểu diễn mối liên hệ giữa các chất trên (nếu có). Viết các phương trình hóa học theo sơ đồ chuyển hóa đó.



Các phương trình hóa học theo sơ đồ trên:

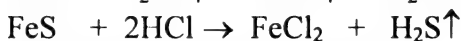
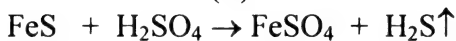
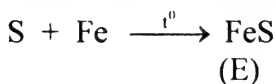
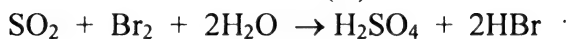
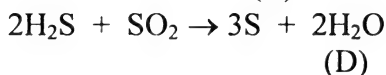
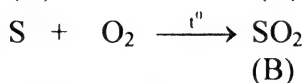
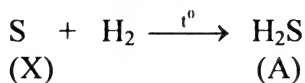
- (1)  $\text{Fe} + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ đặc} \xrightarrow{t^0} \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{SO}_2\uparrow + 6\text{H}_2\text{O}$
- (2)  $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCl}$
- (3)  $4\text{Mg} + 5\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ đặc} \rightarrow 4\text{MgSO}_4 + \text{H}_2\text{S}\uparrow + 4\text{H}_2\text{O}$
- (4)  $\text{H}_2\text{S} + 4\text{Cl}_2 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 8\text{HCl}$
- (5)  $2\text{H}_2\text{S} + 3\text{O}_2 \text{ dư} \xrightarrow{t^0} 2\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
- (6)  $\text{H}_2\text{S} + \text{NaOH} \text{ thiếu} \rightarrow \text{NaHS} + \text{H}_2\text{O}$
- (7)  $\text{NaHS} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}$
- (8)  $\text{H}_2\text{S} + 2\text{NaOH} \text{ dư} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$
- (9)  $\text{Na}_2\text{S} + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}\uparrow$
- (10)  $\text{NaHS} + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{O}$
- (11)  $\text{Na}_2\text{S} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{NaHS}$
- (12)  $\text{SO}_2 + \text{NaOH} \text{ thiếu} \rightarrow \text{NaHSO}_3$
- (13)  $\text{NaHSO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- (14)  $\text{SO}_2 + 2\text{NaOH} \text{ dư} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (15)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
- (16)  $\text{NaHSO}_3 + \text{NaOH} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$
- (17)  $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{NaHSO}_3$

**Ví dụ 3.** Hoàn thành sơ đồ chuyển hóa sau:

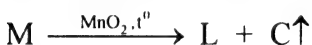
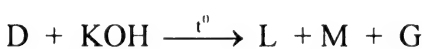
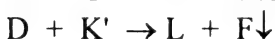
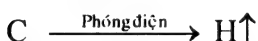
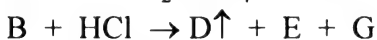
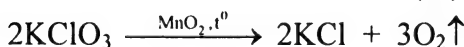
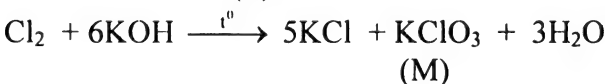
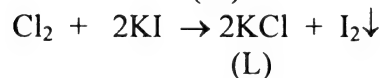
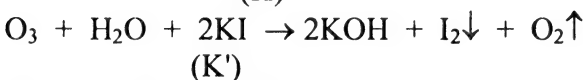
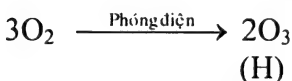
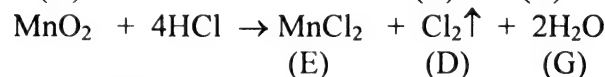
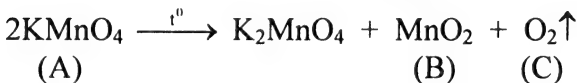


**Giải**

Khí A là  $\text{H}_2\text{S} \Rightarrow \text{X}$  là S

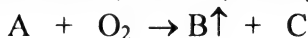


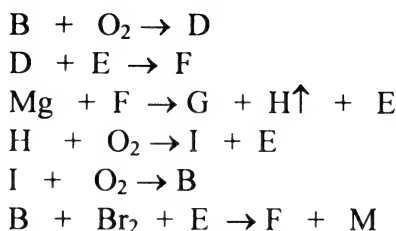
**Ví dụ 4.** Hoàn thành sơ đồ chuyển hóa sau:

**Giải**

**Ví dụ 5.**

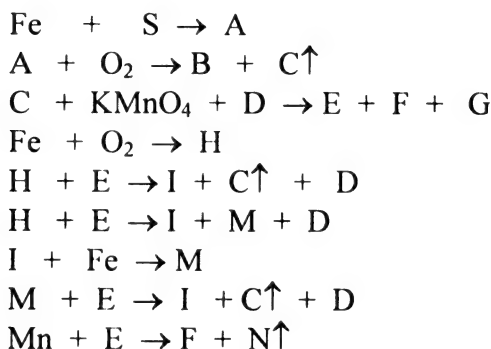
a) Hợp chất vô cơ A chứa 46,67% Fe, còn lại là S. Hoàn thành các phản ứng sau :





A, B, C, D, E, F, G, H, I, M là các chất vô cơ khác nhau.

b)

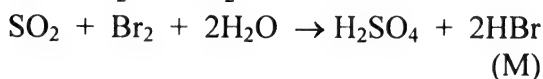
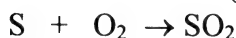
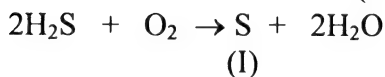
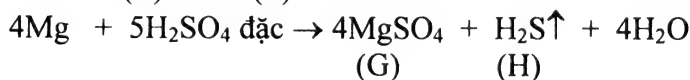
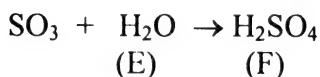
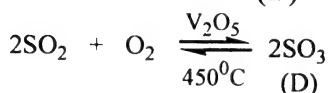
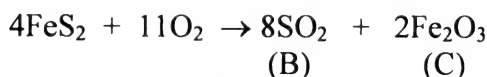


A, B, C, D, E, F, G, H, I, M, N là các chất vô cơ khác nhau.

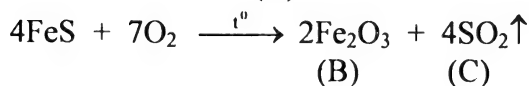
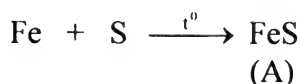
### ***Giai***

a) Đặt công thức của A là  $\text{Fe}_x\text{S}_y$ . Ta có :

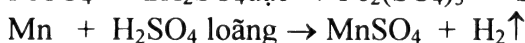
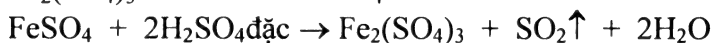
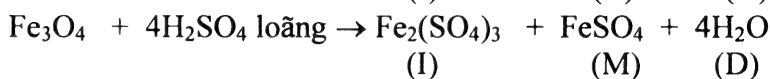
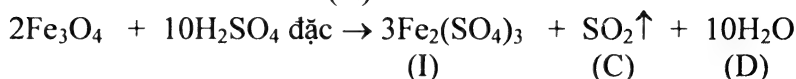
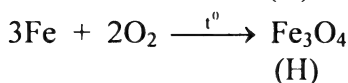
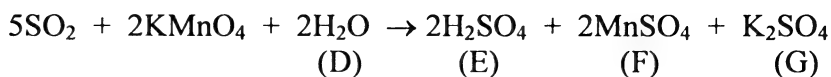
$$x : y = \frac{\% \text{Fe}}{56} : \frac{\% \text{S}}{32} = \frac{46,67}{56} : \frac{53,33}{32} = 1 : 2 \Rightarrow \text{A là FeS}_2$$



b)





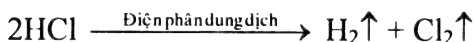
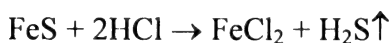
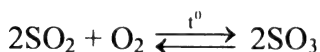
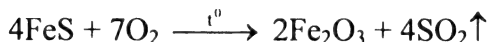


## DẠNG 2: BÀI TẬP VỀ ĐIỀU CHẾ

**Phương pháp:** Nắm vững phương pháp điều chế oxit, lưu huỳnh và các hợp chất của chúng.

**Ví dụ 1.** Từ các chất ban đầu:  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{FeS}$ , dung dịch  $\text{HCl}$ , có thể điều chế được những khí gì?

**Giải**



**Ví dụ 2.** Viết 5 phương trình hóa học trực tiếp điều chế:

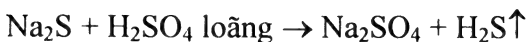
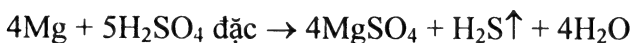
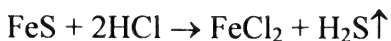
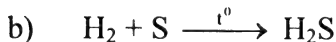
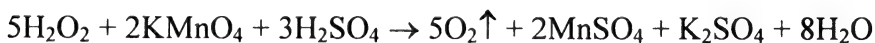
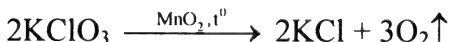
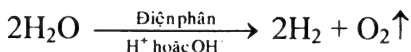
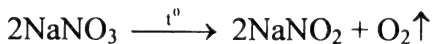
a)  $\text{O}_2$

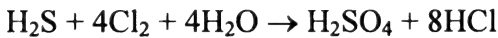
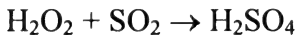
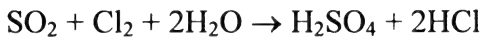
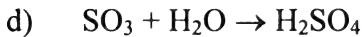
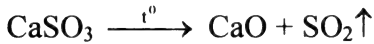
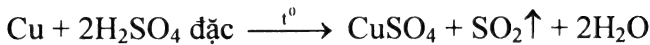
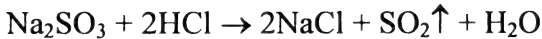
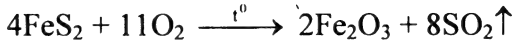
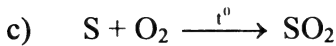
b)  $\text{H}_2\text{S}$

c)  $\text{SO}_2$

d)  $\text{H}_2\text{SO}_4$

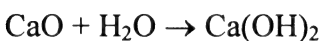
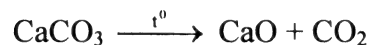
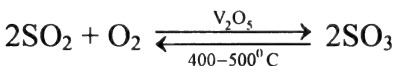
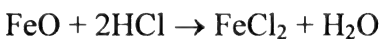
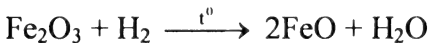
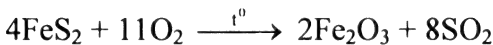
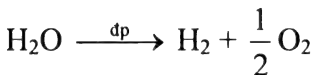
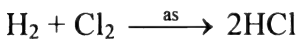
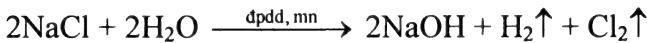
**Giải**





**Ví dụ 3.** Từ nguyên liệu ban đầu là muối ăn, đá vôi, nước, quặng pyrit sắt và các điều kiện cần thiết khác. Hãy viết các phương trình phản ứng điều chế : HCl, FeCl<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, CaOCl<sub>2</sub>, NaClO.

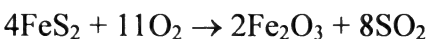
***Giải***

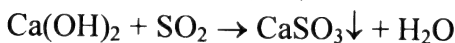
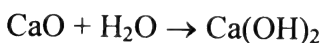
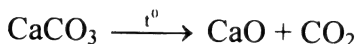
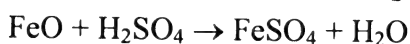
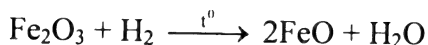
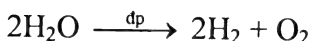
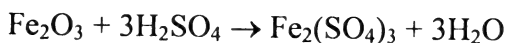
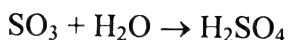
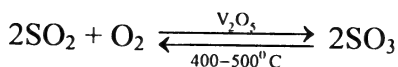


**Ví dụ 4.** Từ nguyên liệu ban đầu là đá vôi, quặng pyrit sắt, không khí, nước và các điều kiện cần thiết khác. Hãy viết các phương trình hoá học điều chế H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, FeSO<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, CaSO<sub>3</sub>.

***Giải***

Chưng cất phân đoạn không khí lỏng thu O<sub>2</sub> ở -183°C.

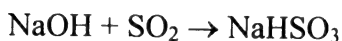
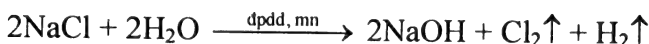
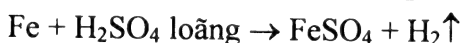
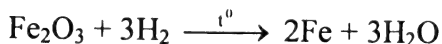
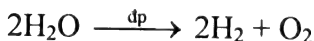
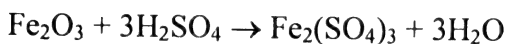
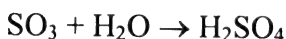
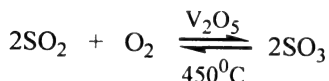
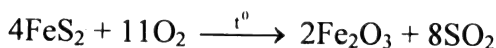




**Ví dụ 5.** Từ nguyên liệu ban đầu là quặng pirit sắt, không khí, nước, muối ăn. Hãy viết các phương trình phản ứng điều chế:  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ .

### ***Giai***

Chung cất không khí lỏng, thu  $\text{O}_2$  ở  $-183^\circ\text{C}$ .



(dư)



(dư)

### **DẠNG 3: BÀI TẬP VỀ NHẬN BIẾT**

**Phương pháp:** Bảng thuốc thử của một số hợp chất nhóm oxi

Chất cần nhận biết	Thuốc thử	Hiện tượng	Phương trình hóa học
$\text{O}_2$	Que đóm tàn đỏ	Bùng cháy	
	$\text{Cu}$ (đỏ), $t^0$	l Hóa đen ( $\text{CuO}$ )	$2\text{Cu} + \text{O}_2 \xrightarrow{t^0} 2\text{CuO}$

SO <sub>2</sub>	dd thuốc tím	Nhạt màu	$5\text{SO}_2 + 2\text{KMnO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$
	Nước brom (nâu)	Nhạt màu	$\text{SO}_2 + \text{Br}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HBr}$
SO <sub>3</sub>	dd BaCl <sub>2</sub>	BaSO <sub>4</sub> ↓ trắng	$\text{SO}_3 + \text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow + 2\text{HCl}$
H <sub>2</sub> S	Mùi	Trứng thối	
	dd Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Kết tủa đen (PbS)	$\text{H}_2\text{S} + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 \rightarrow \text{PbS}\downarrow + 2\text{HNO}_3$
S <sup>2-</sup>	dung dịch Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	↓ đen	$\text{Pb}^{2+} + \text{S}^{2-} \rightarrow \text{PbS}\downarrow$
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	dung dịch BaCl <sub>2</sub>	↓ trắng	$\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4\downarrow$
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	dung dịch H <sup>+</sup> (HCl)	↑ mùi hắc	$\text{SO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{SO}_2\uparrow + \text{H}_2\text{O}$
O <sub>3</sub>	dung dịch KI + hồ tinh bột	dung dịch hóa xanh	$\text{O}_3 + 2\text{KI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \text{I}_2 + 2\text{KOH}$ $\text{I}_2 + \text{hồ tinh bột} \rightarrow \text{dung dịch màu xanh}$

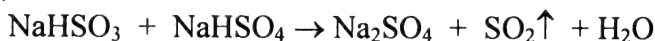
**Ví dụ 1.** Không dùng thêm một thuốc thử bên ngoài, hãy phân biệt các dung dịch riêng biệt sau: NaHSO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, BaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaHSO<sub>4</sub>.

### Giải

Đun nóng nhẹ các dung dịch trên. Nếu có sủi bọt khí thoát ra là dung dịch NaHSO<sub>3</sub>.



Dùng dung dịch NaHSO<sub>3</sub> làm thuốc thử đối với 5 dung dịch còn lại. Nhận ra dung dịch NaHSO<sub>4</sub> vì có khí mùi hắc thoát ra.



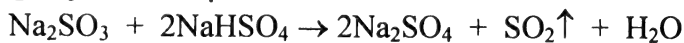
Dùng dung dịch NaHSO<sub>4</sub> làm thuốc thử đối 4 dung dịch Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, BaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Nhận ra:

- Dung dịch BaCl<sub>2</sub>: Có kết tủa trắng xuất hiện.

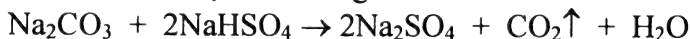


- Dung dịch Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: Không hiện tượng.

- Dung dịch Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>: Có sủi bọt khí mùi hắc thoát ra.



- Dung dịch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>: Có sủi bọt khí không mùi thoát ra.



**Ví dụ 2.** Có 5 dung dịch riêng biệt chứa trong 5 ống nghiệm không dán nhãn gồm: Na<sub>2</sub>S, BaCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, MgCl<sub>2</sub> và Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>. Không dùng thêm thuốc thử bên ngoài có thể nhận biết được nhiều nhất bao nhiêu dung dịch trong số 5 dung dịch trên?

### Giải

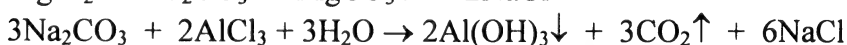
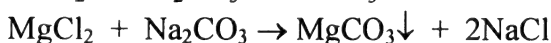
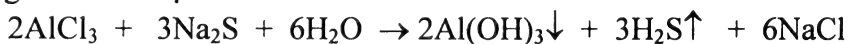
Lần lượt lấy ra một dung dịch làm thuốc thử đối với các dung dịch còn lại. Sau 20 thí nghiệm ta có bảng kết quả sau:

	Na <sub>2</sub> S	BaCl <sub>2</sub>	AlCl <sub>3</sub>	MgCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Na <sub>2</sub> S		-	↓ trắng + ↑ mùi thối	↓ trắng + ↑ mùi thối	-
BaCl <sub>2</sub>	-		-	-	↓ trắng
AlCl <sub>3</sub>	↓ trắng + ↑ mùi thối	-		-	↓ trắng + ↑ không mùi
MgCl <sub>2</sub>	↓ trắng + ↑ mùi thối	-	-		↓ trắng
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	-	↓ trắng	↓ trắng + ↑ không mùi	↓ trắng	
Kết luận	2↓ trắng + 2↑ mùi trứng thối	1↓ trắng	2↓ trắng + 1↑ mùi trứng thối + 1↑ không mùi	2↓ trắng + 1↑ mùi trứng thối	3↓ trắng + 1↑ không mùi

Như vậy:

- Ống nghiệm có 2 kết tủa trắng và 2 sủi bọt khí thoát ra mùi trứng thối là ống đựng dung dịch Na<sub>2</sub>S.
- Ống nghiệm có 1 kết tủa trắng xuất hiện là dung dịch BaCl<sub>2</sub>.
- Ống nghiệm có 2 kết tủa trắng xuất hiện, 1 sủi bọt khí mùi trứng thối và một sủi bọt khí không mùi là ống đựng dung dịch AlCl<sub>3</sub>.
- Ống nghiệm có 2 kết tủa trắng xuất hiện, 1 sủi bọt khí mùi trứng thối là ống đựng dung dịch MgCl<sub>2</sub>.
- Ống nghiệm có 3 kết tủa trắng và 1 sủi bọt khí không mùi là ống đựng dung dịch Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.

Các phương trình hóa học:



**Ví dụ 3.** Có 4 dung dịch đựng riêng biệt trong các lọ mất nhãn: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, BaCl<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>, HCl. Hãy trình bày phương pháp hóa học để phân biệt các dung dịch trên trong các trường hợp sau:

a) Chỉ dùng thêm dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> làm thuốc thử.

b) Không dùng thêm thuốc thử nào khác bên ngoài.

**Giải**

a) Dùng dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> làm thuốc thử. Nhận ra:

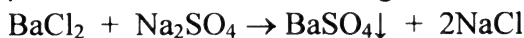
- Dung dịch  $\text{BaCl}_2$ : Có kết tủa trắng xuất hiện.



- Dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ : Có sủi bọt khí thoát ra.



Hai dung dịch còn lại không có hiện tượng gì. Cho tác dụng lần lượt với dung dịch  $\text{BaCl}_2$  nếu có kết tủa trắng xuất hiện thì đó là  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .



Chất còn lại là  $\text{NaCl}$  không hiện tượng gì.

b) Lần lượt lấy ra một dung dịch để làm thuốc thử đối với các dung dịch còn lại.

Sau 12 thí nghiệm ta có bảng kết quả sau:

	$\text{Na}_2\text{SO}_4$	$\text{BaCl}_2$	$\text{Na}_2\text{SO}_3$	$\text{HCl}$
$\text{Na}_2\text{SO}_4$		↓ trắng	-	-
$\text{BaCl}_2$	↓ trắng		↓ trắng	-
$\text{Na}_2\text{SO}_3$	-	↓ trắng		Sủi bọt ↑
$\text{HCl}$	-	-	Sủi bọt ↑	
Kết luận	1 ↓	2 ↓	1 ↓ + 1 ↑	1 ↑

**Ví dụ 4.** Chỉ dùng một thuốc thử, hãy phân biệt các dung dịch riêng biệt :  $\text{HCl}$ ,  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

### Giải

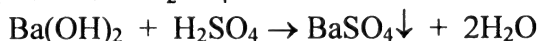
Dùng quỳ tím làm thuốc thử. Nhận ra :

- Dung dịch  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  : Quỳ tím hoá xanh

- Dung dịch  $\text{NaCl}$  : Không làm đổi màu quỳ tím

- Dung dịch  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : Quỳ tím hoá đỏ.

Cho dung dịch  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  tác dụng lần lượt với hai dung dịch axit trên nếu có kết tủa trắng xuất hiện thì đó là  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .



Còn lại là dung dịch  $\text{HCl}$  không hiện tượng gì.

**Ví dụ 5.** Cho 4 lọ mất nhãn, mỗi lọ đựng một trong các khí :  $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{SO}_3$ .

Hãy trình bày phương pháp hoá học để phân biệt các lọ mất nhãn trên.

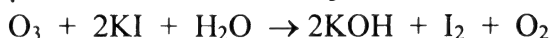
### Giải

Dùng dung dịch  $\text{BaCl}_2$  làm thuốc thử, nếu có kết tủa màu trắng xuất hiện nhận ra  $\text{SO}_3$ .



(màu trắng)

Các khí còn lại cho tác dụng lần lượt với dung dịch  $\text{KI}$  + hồ tinh bột nếu tạo ra dung dịch màu xanh thì đó là  $\text{O}_3$ .



$\text{I}_2$  + hồ tinh bột → dung dịch màu xanh

Hai khí  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$  còn lại cho lội qua bình đựng nước brom, khí làm nhạt màu nước brom là  $\text{SO}_2$ .

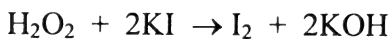


Khí còn lại là  $\text{O}_2$  không có hiện tượng gì.

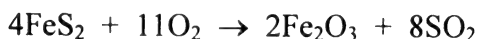
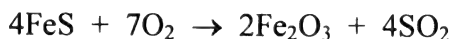
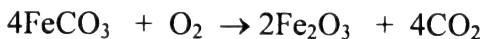
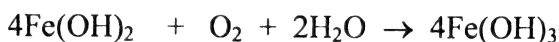
## DẠNG 4: BÀI TẬP VỀ TÍNH CHẤT CỦA OXI, OZON VÀ HIĐROPEOXIT

*Phương pháp:*

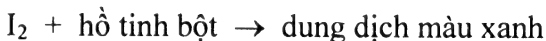
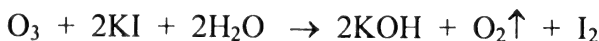
- $O_2$  có tính oxi hóa mạnh (yếu hơn  $Cl_2$ ),  $O_3$  có tính oxi hóa rất mạnh (mạnh hơn nhiều so với  $O_2$ ),  $H_2O_2$  vừa có tính oxi hóa vừa có tính khử.



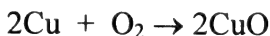
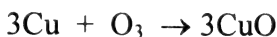
- Khi nung các hợp chất sắt (II) như  $Fe(OH)_2$ ,  $FeCO_3$ ,  $FeS$ ,  $FeS_2$ , ... trong không khí sẽ tạo ra oxit sắt (III).



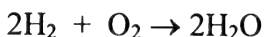
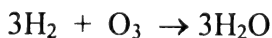
- Thuốc thử để nhận ra sự có mặt của  $O_3$  là dung dịch KI + hồ tinh bột vì tạo ra dung dịch màu xanh.



- Khi cho hỗn hợp khí gồm  $O_3$  và  $O_2$  tác dụng với kim loại (trừ Hg, Ag, Au, Pt) thì tạo ra oxit kim loại. *Thí dụ:*

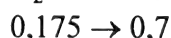
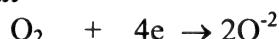
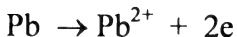
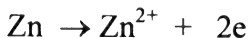


- Khi đốt cháy phi kim như  $H_2$ , S, C, ... bằng hỗn hợp khí ( $O_3$ ,  $O_2$ ) thì sinh ra oxit phi kim.



**Ví dụ 1.** Đốt cháy hoàn toàn 0,25 mol hỗn hợp Cu, Zn, Sn, Pb có khối lượng 28,7 gam trong oxi dư thu được 34,3 gam chất rắn. Tính phần trăm khối lượng Sn trong hỗn hợp X.

***Giải***



$$\Rightarrow 2x + 2y + 4z + 2t = 0,7 \quad (1)$$

$$\text{Mặt khác: } x + y + z + t = 0,25 \quad (2)$$

$$(1)(2) \Rightarrow z = 0,1 \text{ mol} \Rightarrow \%m_{\text{Sn}} = \frac{0,1 \cdot 119 \cdot 100\%}{28,7} = 41,46\%$$

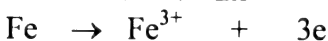
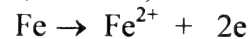
**Ví dụ 2.** Đốt cháy hỗn hợp kim loại gồm 1,92 gam Mg và 4,48 gam Fe với hỗn hợp khí X gồm clo và oxi, sau phản ứng chỉ thu được hỗn hợp Y gồm các oxit và muối clorua (không còn khí dư). Hòa tan Y bằng một lượng vừa đủ 120 ml dung dịch HCl 2M, thu được dung dịch Z. Cho  $\text{AgNO}_3$  dư vào dung dịch Z, sau phản ứng hoàn toàn thu được 56,69 gam kết tủa. Tính phần trăm thể tích khí clo trong hỗn hợp X.

**Giải**

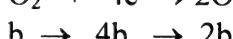
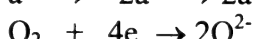
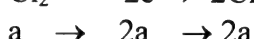
Theo định luật bảo toàn nguyên tố:



$$0,08 \rightarrow 0,08 \rightarrow 0,16$$

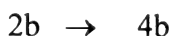


$$(0,08 - x) \rightarrow (0,08 - x) \rightarrow 3(0,08 - x)$$



$$\Rightarrow 2a + 4b + x = 0,4 \quad (1)$$

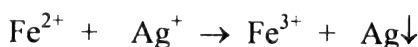
Các oxit tác dụng với axit HCl sinh ra muối và nước.



$$\Rightarrow n_{\text{HCl}} = 4b = 0,24 \Rightarrow b = 0,06 \text{ mol}$$

$$(1) \Rightarrow 2a + x = 0,16 \quad (2)$$

Dung dịch Z chứa muối  $\text{MgCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_2$  và  $\text{FeCl}_3$  với  $\Sigma n_{\text{Cl}^-} = (2a + 0,24) \text{ mol}$



$$(2a + 0,24) \rightarrow (2a + 0,24)$$

$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = 108x + 143,5(2a + 0,24) = 56,69$$

Hay:

$$108x + 287a = 22,25 \quad (3)$$

Giải hệ (2)(3):  $a = 0,07 \text{ mol}$ ;  $x = 0,02 \text{ mol}$

$$\text{Phần trăm thể tích của } \text{Cl}_2 \text{ trong X là: } \%V_{\text{Cl}_2} = \frac{0,07 \cdot 100\%}{0,07 + 0,06} = 53,84\%$$

**Ví dụ 3.** Đốt cháy 16,1 gam Na trong bình chứa đầy khí  $\text{O}_2$ , sau một thời gian thu được m gam hỗn hợp rắn Y gồm  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}_2$  và Na dư. Hòa tan hết toàn bộ lượng Y trên vào nước nóng, sinh ra 5,04 lít (đktc) hỗn hợp khí Z, có tỉ khối so với He là 3. Tính giá trị của m.

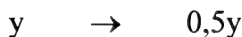
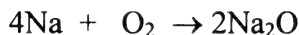
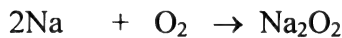


**Giải**

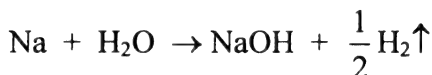
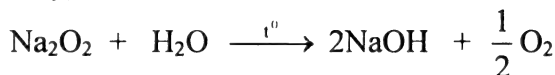
Z gồm  $H_2$  và  $O_2$ .  $m_Z = 4.3.0,225 = 2,7$  gam

Gọi a, b lần lượt là số mol  $H_2$  và  $O_2$ . Ta có hệ :

$$\begin{cases} a + b = 0,225 \\ 2a + 32b = 2,7 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,15 \\ b = 0,075 \end{cases}$$



$$\Rightarrow n_{Na \text{ còn}} = 0,7 - (x + y)$$



$$\Rightarrow n_{O_2} = 0,25x = 0,075 \text{ mol} \Rightarrow x = 0,3 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{H_2} = 0,35 - 0,5(0,3 + y) = 0,15 \Rightarrow y = 0,1 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = m_{Na_2O_2} + m_{Na_2O} + m_{Na \text{ dư}} = 78.0,15 + 62.0,05 + 23.0,3 = 21,7 \text{ gam}$$

**Ví dụ 4.** Hỗn hợp A gồm có  $O_2$  và  $O_3$ , tỉ khối của hỗn hợp khí A đối với hidro là 19,2. Hỗn hợp khí B gồm có  $H_2$  và  $CO$ , tỉ khối của hỗn hợp khí B đối với hidro là 3,6. Tính số mol hỗn hợp khí A cần dùng để đốt cháy hoàn toàn 1 mol hỗn hợp khí B.

**Giải**

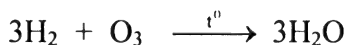
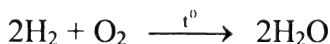
$$\overline{M}_A = \frac{32x + 48(1-x)}{1} = 19,2.2 \Rightarrow x = 0,6$$

$\Rightarrow$  Trong A thì  $O_2$  chiếm 60% về thể tích còn  $O_3$  chiếm 40%.

Gọi b là số mol  $H_2$  chứa trong 1 mol B. Ta có:

$$\overline{M}_B = \frac{2b + 28(1-b)}{1} = 7,2 \Rightarrow b = 0,8 \text{ mol}$$

Gọi a là số mol hỗn hợp A  $\Rightarrow n_{O_2} = 0,6a$  và  $n_{O_3} = 0,4a$



$$\Rightarrow n_B = 2.0,6a + 3.0,4a = 1 \Rightarrow a = 0,4167 \text{ mol}$$

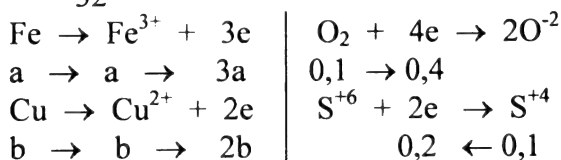
**Ví dụ 5.** Đốt 15,2 gam hỗn hợp X gồm Fe, Cu ngoài không khí, sau một thời gian thu được 18,4 gam hỗn hợp Y. Cho Y tác dụng với lượng dư dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng thu được 2,24 lít  $\text{SO}_2$  (đktc).

a) Tính phần trăm khối lượng mỗi kim loại.

b) Nung 15,2 gam X trên với m gam bột lưu huỳnh trong bình chân không, thu được hỗn hợp A. Cho A tác dụng với lượng dư dung dịch  $\text{HNO}_3$  đặc, nóng, thu được dung dịch B và V lít  $\text{NO}_2$  (đktc). Cho B tác dụng với dung dịch  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  dư, sinh ra 72 gam kết tủa. Tính m và V.

**Giải**

$$\text{a) } n_{\text{O}_2} = \frac{18,4 - 15,2}{32} = 0,1 \text{ mol}$$



$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} 56a + 64b = 15,2 \\ 3a + 2b = 0,6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,1 \text{ mol} \\ b = 0,15 \text{ mol} \end{cases}$$

Phần trăm khối lượng của mỗi kim loại trong X là

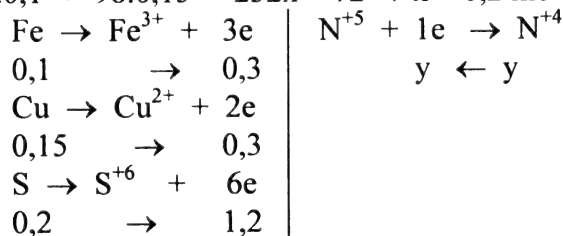
$$\% \text{Fe} = \frac{0,1 \cdot 56 \cdot 100\%}{15,2} = 36,84\%$$

$$\% \text{Cu} = 100\% - 36,84\% = 63,16\%$$

b) Kết tủa thu được là  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  và  $\text{BaSO}_4$ . Theo bảo toàn nguyên tố:

$$n_{\text{Fe}(\text{OH})_3} = n_{\text{Fe}} = 0,1 \text{ mol} ; n_{\text{Cu}(\text{OH})_2} = n_{\text{Cu}} = 0,15 \text{ mol} ; n_{\text{BaSO}_4} = n_{\text{S}} = x \text{ mol}$$

$$\Rightarrow 107,0,1 + 98,0,15 + 232x = 72 \Rightarrow x = 0,2 \text{ mol} \Rightarrow m = 32 \cdot 0,2 = 6,4 \text{ gam}$$



$$\Rightarrow y = 0,3 + 0,3 + 1,2 = 1,8 \text{ mol} \Rightarrow V = 40,32 \text{ lít}$$

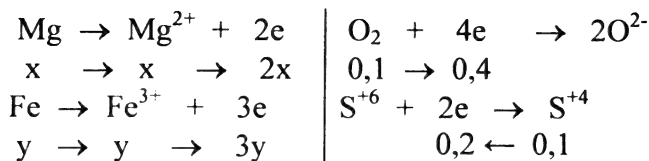
**Ví dụ 6.** Đốt 9,2 gam hỗn hợp X gồm Mg, Fe trong bình chứa đầy khí  $\text{O}_2$ , sau một thời gian thu được 12,4 gam hỗn hợp rắn Y. Cho Y vào 80 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% đun nóng, thu được dung dịch Z và 2,24 lít  $\text{SO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất, đktc).

a) Tính phần trăm khối lượng các kim loại trong X.

b) Tính nồng độ phần trăm các chất trong dung dịch Z.

**Giải**

$$\text{a) } n_{\text{O}_2} = \frac{12,4 - 9,2}{32} = 0,1 \text{ mol} ; n_{\text{SO}_2} = \frac{2,24}{22,4} = 0,1 \text{ mol}$$



Ta có hệ:

$$\begin{cases} 24x + 56y = 9,2 \\ 2x + 3y = 0,6 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,1 \end{cases}$$

Phần trăm khối lượng các kim loại trong X là

$$\% \text{Mg} = \frac{0,15 \cdot 24 \cdot 100\%}{0,15 \cdot 24 + 56 \cdot 0,1} = 39,13\%$$

$$\% \text{Fe} = 100\% - 39,13\% = 60,87\%$$

$$\text{b) } n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ phản ứng} = n_{\text{MgSO}_4} + 3n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} + n_{\text{SO}_2} = 0,15 + 3 \cdot 0,05 + 0,1 = 0,4 \text{ mol} ;$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ ban đầu} = \frac{80,98}{100,98} = 0,8 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ còn} = 0,8 - 0,4 = 0,4 \text{ mol} ; m_{\text{ddZ}} = 12,4 + 80 - 64 \cdot 0,1 = 86 \text{ gam}$$

Nồng độ phần trăm của các chất trong dung dịch Z :

$$C\%_{\text{MgSO}_4} = \frac{120 \cdot 0,15 \cdot 100\%}{86} = 20,93\%$$

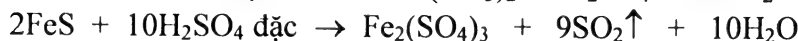
$$C\%_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{400 \cdot 0,05 \cdot 100\%}{86} = 23,25\%$$

## DẠNG 5: BÀI TẬP VỀ H<sub>2</sub>S VÀ MUỐI SUNFUA

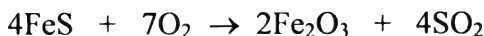
Phản ứng xảy ra có thể hoàn toàn hoặc không hoàn toàn. Để đơn giản ta xét trường hợp kim loại hoá trị II phản ứng với lưu huỳnh nung nóng.



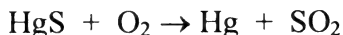
- Nếu phản ứng xảy ra hoàn toàn (H = 100%), sản phẩm thu được chỉ có MS hoặc bao gồm MS, M dư hay S dư. Khi hòa tan trong dung dịch HCl (hoặc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng) thì nếu có S dư sẽ không tan trong axit, kết quả còn lại một chất rắn. Nếu kim loại dư thì sản phẩm bao gồm MS và M dư, khi tác dụng với axit sẽ cho ta hỗn hợp khí H<sub>2</sub>S và H<sub>2</sub> có tỉ khối nhỏ hơn tỉ khối của H<sub>2</sub>S (dấu hiệu nhận biết hỗn hợp có chứa khí H<sub>2</sub>).
- Nếu phản ứng xảy ra không hoàn toàn (H < 100%)  $\Rightarrow$  sản phẩm gồm MS, M, S còn dư. Khi hòa tan trong axit thu được hỗn hợp hai khí H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub> và một phần chất rắn không tan là lưu huỳnh.
- Các muối sunfua đều có tính khử mạnh. Ví dụ:



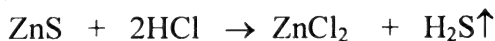
- Khi đốt cháy muối sunfua ngoài không khí hoặc trong oxi sẽ cho ta oxit kim loại có số oxi hóa tối đa và khí SO<sub>2</sub>. Ví dụ:



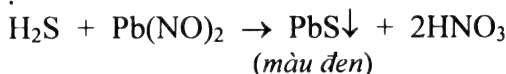
Tuy nhiên, khi đốt muối  $\text{HgS}$  và  $\text{Ag}_2\text{S}$  tạo ra kim loại và giải phóng khí  $\text{SO}_2$ .



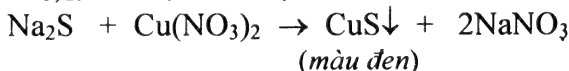
- Muối sunfua là muối của axit yếu  $\text{H}_2\text{S}$  nên dễ tan trong dung dịch axit mạnh hơn như  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng, ... Tuy nhiên, có một số muối sunfua của kim loại nặng như  $\text{PbS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{Ag}_2\text{S}$ ,  $\text{CdS}$ , ... không tan vì đây là những kết tủa tương đối bền. Ví dụ:



- $\text{PbS}$  không tan trong dung dịch axit có tính oxi hóa mạnh như  $\text{HNO}_3$  nên có thể dùng dung dịch  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  để nhận ra sự có mặt của khí  $\text{H}_2\text{S}$  vì có kết tủa màu đen xuất hiện.



Với dung dịch muối sunfua thì ngoài dung dịch trên có thể dùng thêm các dung dịch  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{FeCl}_2$ , .. để nhận biết ion  $\text{S}^{2-}$ . Ví dụ:



- Nhiều trường hợp để đơn giản hóa trong cách tính toán người ta thường dùng phương pháp quy đổi. Ví dụ: Hòa tan hỗn hợp A gồm  $\text{Fe}$ ,  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{S}$  trong dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng (dư) thu được khí  $\text{SO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất). Khi đó nếu không dùng phương pháp quy đổi ta phải viết tới 4 phương trình, việc cân bằng cũng mất rất nhiều thời gian. Tuy nhiên, ta có thể giải nhanh bài toán bằng cách quy hỗn hợp A về bất kì cặp chất nào sau đây: ( $\text{Fe}$  và  $\text{S}$ ); ( $\text{Fe}$  và  $\text{FeS}$ ); ( $\text{Fe}$  và  $\text{FeS}_2$ ); ..... và sử dụng phương pháp bảo toàn electron để giải.

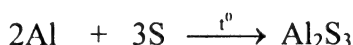
**Ví dụ 1.** Nung m gam hỗn hợp X gồm bột  $\text{Al}$  với bột  $\text{S}$  trong bình kín (không có không khí) đến phản ứng hoàn toàn thu được chất rắn Y. Chia Y thành hai phần bằng nhau. Cho phần 1 tác dụng với nước dư, sinh ra 3,36 lít  $\text{H}_2\text{S}$  (đktc). Hòa tan phần 2 bằng lượng dư dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng, thu được 6,72 lít (đktc) hỗn hợp hai khí  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{H}_2$ .

a) Tính giá trị của m.

b) Cho 0,5m gam X trên tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng (dư), thu được V lít  $\text{SO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất, đktc). Tính V.

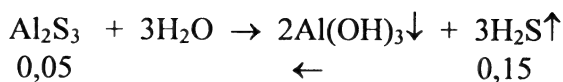
**Giải**

a)



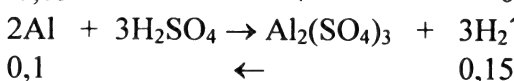
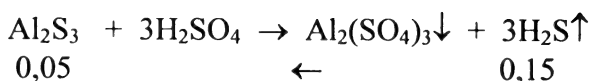
Vì thu được hỗn hợp hai khí nên  $\text{Al}$  còn,  $\text{S}$  hết

• **Phần 1:**  $\text{Al}$  không phản ứng



$$\Rightarrow n_{\text{S}} \text{ ban đầu} = 2.0,15 = 0,3 \text{ mol}$$

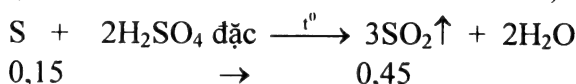
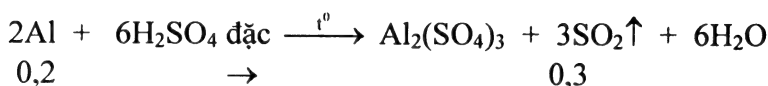
• Phần 2:



$$\Rightarrow n_{\text{Al}} \text{ ban đầu} = 2(0,1 + 2.0,05) = 0,4 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 27.0,4 + 32.0,3 = 20,4 \text{ gam}$$

b)



$$\Rightarrow V = 0,75.22,4 = 16,8 \text{ lít}$$

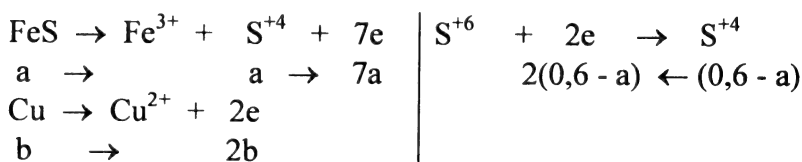
**Ví dụ 2.** Cho 18,4 gam hỗn hợp X gồm FeS và Cu vào dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng (dư), kết thúc phản ứng thu được 13,44 lít  $\text{SO}_2$  (đktc).

a) Tính phần trăm khối lượng mỗi chất trong X.

b) Cho 18,4 gam X trên tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng dư, khí thu được sau phản ứng cho hấp thụ hết vào 150 ml dung dịch NaOH 1M. Tính khối lượng muối thu được sau phản ứng.

**Giải**

a)



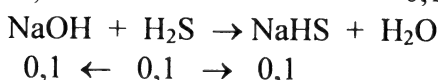
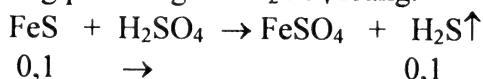
Ta có hệ:

$$\begin{cases} 88\text{a} + 64\text{b} = 18,4 \\ 7\text{a} + 2\text{b} = 2(0,6 - \text{a}) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \text{a} = 0,1 \text{ mol} \\ \text{b} = 0,15 \text{ mol} \end{cases}$$

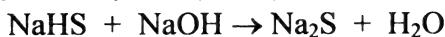
Phần trăm khối lượng mỗi chất trong X:

$$\%m_{\text{FeS}} = \frac{88.0,1.100\%}{18,4} = 47,82\% \Rightarrow \%m_{\text{Cu}} = 52,18\%$$

b) Cu không phản ứng với  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng.



$$\Rightarrow n_{\text{NaOH còn}} = 0,15 - 0,1 = 0,05 \text{ mol}$$



$$0,05 \leftarrow \quad 0,05 \rightarrow 0,05$$

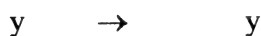
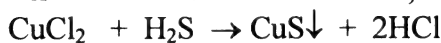
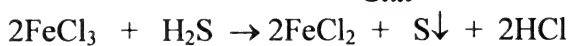
$$\Rightarrow n_{\text{NaHS còn}} = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ mol}$$

Khối lượng muối thu được sau phản ứng là

$$m_{\text{Na}_2\text{S}} = 0,05 \cdot 78 = 3,9 \text{ gam}; m_{\text{NaHS}} = 56,0,1 = 5,6 \text{ gam}$$

**Ví dụ 3.** Cho 16,75 gam hỗn hợp X gồm  $\text{FeCl}_3$ ,  $\text{CuCl}_2$  vào dung dịch  $\text{H}_2\text{S}$  dư, sau khi phản ứng xảy ra hoàn toàn thu được 9,92 gam chất rắn (bỏ qua sự thủy phân của các ion kim loại). Từ hỗn hợp X có thể điều chế được tối đa bao nhiêu gam kim loại?

**Giải**



Ta có hệ:

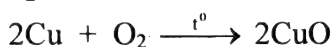
$$\begin{cases} 162,5x + 135y = 16,75 \\ 16x + 96y = 9,92 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,02 \text{ mol} \\ y = 0,1 \text{ mol} \end{cases}$$

$$\Rightarrow m_{\text{kl}} = m_{\text{Fe}} + m_{\text{Cu}} = 0,02 \cdot 56 + 64 \cdot 0,1 = 7,52 \text{ gam}$$

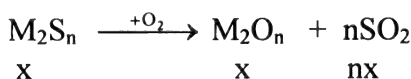
**Ví dụ 4.** Nung một lượng muối sunfua của một kim loại hóa trị không đổi trong bình chứa oxi dư thì thoát ra 5,6 lít khí X (đktc) và chất rắn Y. Chất rắn Y được nung với bột than dư tạo ra 41,4 gam kim loại. Nếu cho toàn bộ khí X đi chậm qua bột Cu dư nung nóng thì thể tích khí giảm đi 20%. Tìm công thức của muối sunfua.

**Giải**

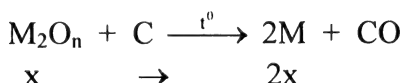
X gồm  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$  dư



$$\Rightarrow n_{\text{SO}_2} = 0,8 \cdot 0,25 = 0,2 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{SO}_2} = nx = 0,2 \quad (1)$$



$$\Rightarrow 2Mx = 41,4 \quad (2)$$

Từ (1)(2) suy ra :

$$M = \frac{207n}{2} \Rightarrow n = 2 \text{ và } M = 207 \text{ (Pb)}$$

$\Rightarrow$  Công thức của muối sunfua là  $\text{PbS}$

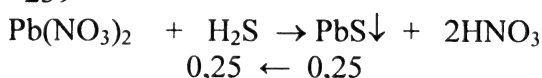
**Ví dụ 5.** Trộn 17,6 gam bột gồm Mg, Fe với m gam bột S, rồi nung trong không khí sau một thời gian thu được hỗn hợp X. Cho X tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng (dư) sinh ra 8,96 lít (đktc) hỗn hợp Y gồm hai khí  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{H}_2$ . Cho Y đi qua dung dịch  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dư, xuất hiện 59,75 gam kết tủa.

a) Tính m.

b) Tính phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp ban đầu.

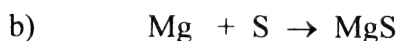
**Giải**

$$\text{a) } n_{\text{PbS}} = \frac{59,75}{239} = 0,25 \text{ mol}$$

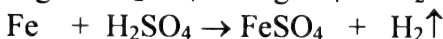
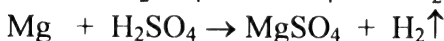
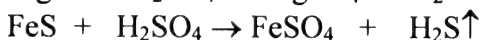
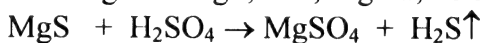


$$\Rightarrow n_{\text{H}_2} = 0,4 - 0,25 = 0,15 \text{ mol}$$

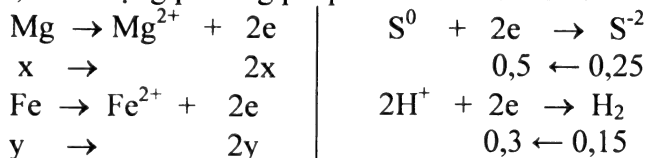
$$\Rightarrow n_{\text{S}} = n_{\text{H}_2\text{S}} = 0,25 \text{ mol} \Rightarrow m = 32 \cdot 0,25 = 8 \text{ gam}$$



Chất rắn Y tối đa gồm : MgS, FeS, Mg dư, Fe dư



Để đơn giản, ta sử dụng phương pháp bảo toàn electron :



Ta có hệ :

$$\begin{cases} 24x + 56y = 17,6 \\ 2x + 2y = 0,8 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,25 \end{cases}$$

Phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong hỗn hợp ban đầu :

$$\% \text{Mg} = \frac{0,15 \cdot 24 \cdot 100\%}{17,6} = 20,45\%$$

$$\% \text{Fe} = \frac{0,25 \cdot 56 \cdot 100\%}{17,6} = 79,55\%$$

**Ví dụ 6.** Trộn a gam bột kim loại M hoá trị II với b gam bột S thu được 18,8 gam hỗn hợp X. Nung X trong bình kín không có không khí sau một thời gian thu được hỗn hợp Y. Cho Y tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng dư, sinh ra 5,6 lít (đktc) hỗn hợp khí Z gồm  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{H}_2$  có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 7,4 và còn lại 1,6 gam chất rắn không tan.

a) Tính giá trị của a và b.

- b) Xác định tên kim loại M  
 c) Tính hiệu suất phản ứng giữa M và S.  
 d) Cho Z lội qua bình đựng dung dịch  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dư. Tính khối lượng kết tủa tạo thành.

**Giải**

$$\text{a) } n_Z = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ (mol)} ; \overline{M}_Z = 2.7,4 = 14,8 \text{ (gam / mol)}$$

$$\Rightarrow m_Z = 14,8.0,25 = 3,7 \text{ gam}$$

Gọi x, y lần lượt là số mol  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{H}_2$ . Ta có hệ :

$$\begin{cases} x + y = 0,25 \\ 34x + 2y = 3,7 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,1 \\ y = 0,15 \end{cases}$$

Chất rắn không tan là S dư

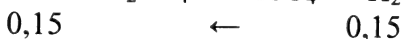
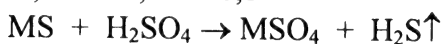
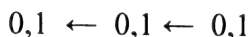
Theo định luật bảo toàn nguyên tố :

$$n_S \text{ ban đầu} = n_S \text{ dư} + n_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{1,6}{32} + 0,1 = 0,15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow b = 32.0,15 = 4,8 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow a = 18,8 - 4,8 = 14 \text{ gam}$$

b)

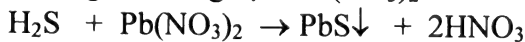


$$\Rightarrow \Sigma n_M = 0,1 + 0,15 = 0,25 \text{ mol} \Rightarrow M = \frac{14}{0,25} = 56 \text{ (Fe)}$$

c)  $n_{\text{Fe}} \text{ ban đầu} = 0,25 \text{ mol} > n_S = 0,15 \text{ mol}$  nên tính hiệu suất phản ứng theo lượng lưu huỳnh.

$$H = \frac{0,1}{0,15} \cdot 100\% = 66,67\%$$

d)  $\text{H}_2$  không phản ứng với dung dịch  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ .



$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = 239.0,1 = 23,9 \text{ gam}$$

**Ví dụ 7.** Trộn a gam bột kim loại M hoá trị II với b gam bột S thu được 21,05 gam hỗn hợp X. Nung X trong bình kín không có không khí đến phản ứng hoàn toàn thu được hỗn hợp Y. Hoà tan hết Y trong dung dịch HCl dư, sinh ra 5,6 lít hỗn hợp khí Z gồm  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{H}_2$ . Tỉ khối của Z so với  $\text{H}_2$  là 10,6.

a) Tính giá trị của a, b.



b) Xác định tên kim loại M.

c) Tính thể tích khí  $O_2$  (đktc) cần dùng để đốt cháy hết hỗn hợp Y.

**Giải**

$$a) n_Z = \frac{5,6}{22,4} = 0,25 \text{ mol}; \overline{M}_Z = 2.10,6 = 21,2 \text{ gam/mol} \Rightarrow m_Z = 21,2.0,25 = 5,3 \text{ gam}$$

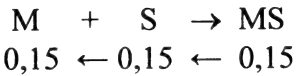
Gọi x, y lần lượt là số mol  $H_2S$  và  $H_2$ . Ta có hệ :

$$\begin{cases} x + y = 0,25 \\ 34x + 2y = 5,3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,15 \\ y = 0,1 \end{cases}$$

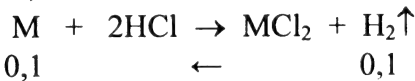
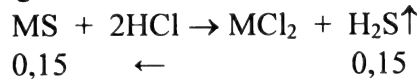
$$\Rightarrow n_S = n_{H_2S} = 0,15 \text{ mol} \Rightarrow b = 32.0,15 = 4,8 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow a = 21,05 - 4,8 = 16,25 \text{ gam}$$

b)

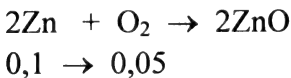
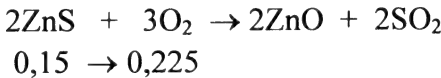


Chất rắn Y gồm MS và M dư



$$\Rightarrow \Sigma n_M = 0,15 + 0,1 = 0,25 \text{ mol} \Rightarrow M = \frac{16,25}{0,25} = 65 \text{ (Zn)}$$

c)



$$\Rightarrow n_{O_2 \text{ cần dùng}} = 0,225 + 0,05 = 0,275 \text{ mol}$$

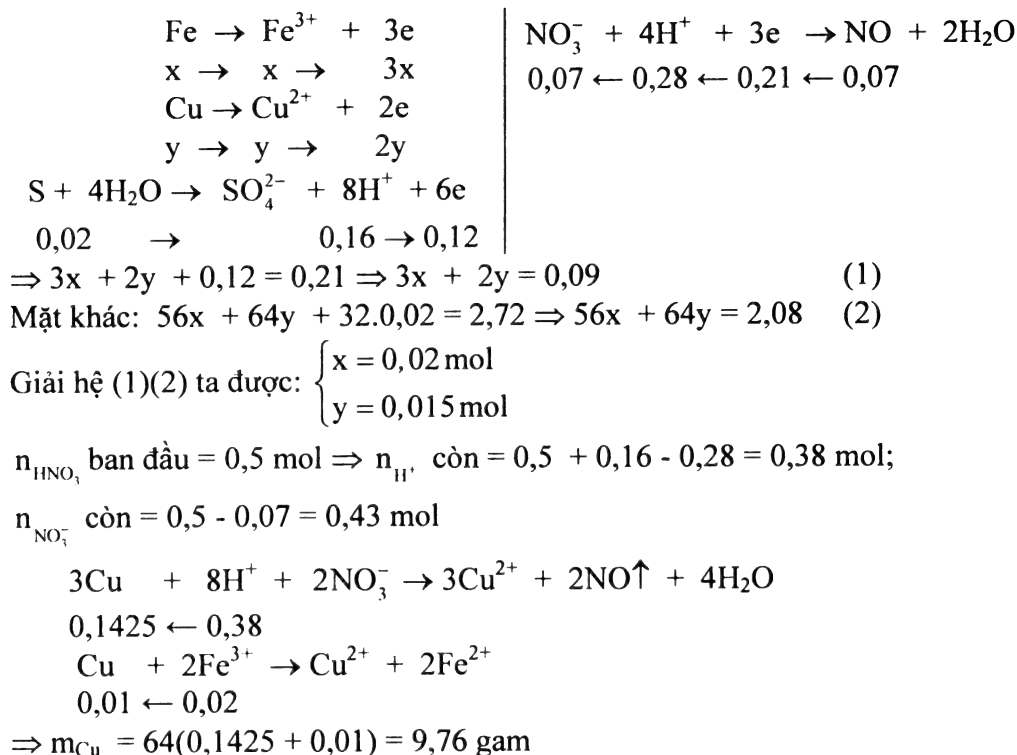
$$\Rightarrow V_{O_2 \text{ cần dùng}} = 0,275.22,4 = 6,16 \text{ lít}$$

**Ví dụ 8.** Hòa tan hết 2,72 gam hỗn hợp X gồm  $FeS_2$ ,  $FeS$ ,  $Fe$ ,  $CuS$  và  $Cu$  trong 500 ml dung dịch  $HNO_3$  1M, sau khi kết thúc các phản ứng thu được dung dịch Y và 0,07 mol một chất khí thoát ra. Cho Y tác dụng với lượng dư dung dịch  $BaCl_2$  thu được 4,66 gam kết tủa. Mặt khác, dung dịch Y có thể hòa tan tối đa m gam  $Cu$ . Biết trong các quá trình trên, sản phẩm khử duy nhất của  $N^{+5}$  là  $NO$ . Tính giá trị của m.

**Giải**

Quy M về Fe, Cu và S. Ta có:

$$n_S = n_{SO_4^{2-}} = n_{BaSO_4} = \frac{4,66}{233} = 0,02 \text{ mol}$$



## **DẠNG 6: BÀI TẬP VỀ PHẢN ỨNG KHÍ CHO SO<sub>2</sub> HOẶC H<sub>2</sub>S TÁC DỤNG VỚI DUNG DỊCH KIỀM.**

Xét trường hợp H<sub>2</sub>S tác dụng với dung dịch NaOH.

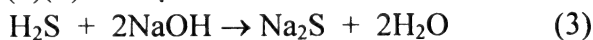
Các phản ứng có thể xảy ra:



Nếu H<sub>2</sub>S hết mà NaOH còn



Tổng hợp (1)(2) ta được:



Để biết muối tạo thành là muối nào, người ta thường căn cứ vào hai cơ sở sau để xác định:

a) Dựa vào phương pháp tiến hành thí nghiệm

- Nếu bài toán cho "H<sub>2</sub>S dư đi qua dung dịch kiềm" hoặc "dùng một lượng kiềm tối thiểu hấp thụ vừa hết H<sub>2</sub>S" thì cả hai trường hợp này đều cho muối axit.
- Nếu đề bài cho "H<sub>2</sub>S đi qua dung dịch kiềm dư" hoặc "cho một lượng kiềm vừa đủ để trung hòa hết H<sub>2</sub>S" thì cả hai trường hợp này đều cho muối trung hòa.

b) Dựa vào tỉ lệ số mol của kiềm và axit để biện luận

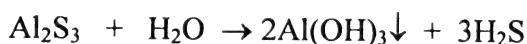
$$\text{Đặt } T = \frac{n_{\text{MOH}}}{n_{\text{H}_2\text{S}}}$$

- $0 < T \leq 1 \Rightarrow$  Kết thúc phản ứng (1) NaOH hết,  $\text{H}_2\text{S}$  vừa đủ hoặc còn dư  $\Rightarrow$  Tạo muối NaHS
- $1 < T < 2 \Rightarrow$  Kết thúc phản ứng (2) NaOH hết, NaHS còn  $\Rightarrow$  Tạo muối  $\text{Na}_2\text{S}$  và NaHS
- $2 \leq T \Rightarrow$  Kết thúc (2) NaHS hết, NaOH còn hoặc vừa đủ  $\Rightarrow$  Tạo muối  $\text{Na}_2\text{S}$
- Các trường hợp của  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  xét tương tự.

**Ví dụ 1.** Cho 18,75 gam  $\text{Al}_2\text{S}_3$  vào 600 ml dung dịch NaOH 2M, sau khi các phản ứng kết thúc, không có khí thoát ra thì số mol của NaOH còn lại là bao nhiêu?

**Giải**

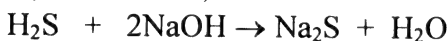
$$n_{\text{Al}_2\text{S}_3} = \frac{18,75}{150} = 0,125 \text{ mol}; n_{\text{NaOH}} = 1,2 \text{ mol}$$



$$0,125 \rightarrow 0,25 \rightarrow 0,375$$



$$0,25 \rightarrow 0,25$$



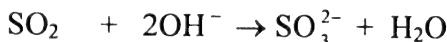
$$0,375 \rightarrow 0,75$$

$$\Rightarrow n_{\text{NaOH}} = 0,25 + 0,75 = 1 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{NaOH}} \text{ còn} = 1,2 - 1 = 0,2 \text{ mol}$$

**Ví dụ 2.** Hấp thụ hết 0,15 mol  $\text{SO}_2$  vào dung dịch chứa 0,025 mol NaOH và 0,1 mol  $\text{Ba}(\text{OH})_2$ , kết thúc các phản ứng thu được m gam kết tủa. Tính giá trị của m.

**Giải**

$$n_{\text{OH}^-} = n_{\text{NaOH}} + 2n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 0,225 \text{ mol}; n_{\text{Ba}^{2+}} = n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 0,1 \text{ mol}$$



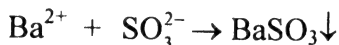
$$0,1125 \leftarrow 0,225 \rightarrow 0,1125$$

$$\Rightarrow n_{\text{SO}_2} \text{ còn} = 0,15 - 0,1125 = 0,0375 \text{ mol}$$



$$0,0375 \rightarrow 0,0375 \rightarrow 0,075$$

$$\Rightarrow n_{\text{SO}_3^{2-}} \text{ còn} = 0,1125 - 0,0375 = 0,075 \text{ mol}$$



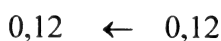
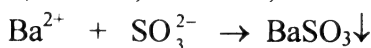
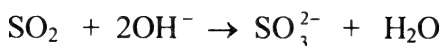
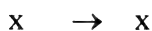
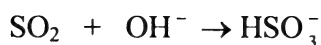
$$0,075 \leftarrow 0,075 \rightarrow 0,075$$

$$\Rightarrow m_{\text{kết tủa}} = 217 \cdot 0,075 = 16,275 \text{ gam}$$

**Ví dụ 3.** Đốt cháy hoàn toàn m gam quặng pirit sắt (chứa 80%  $\text{FeS}_2$  về khối lượng, còn lại là tạp chất trơ) bằng một lượng oxi dư. Lấy toàn bộ lượng  $\text{SO}_2$  thu được cho hấp thụ hết vào 100 ml dung dịch chứa  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  1,5M và NaOH 1M thì thu được 26,04 gam kết tủa. Tính giá trị lớn nhất của m.

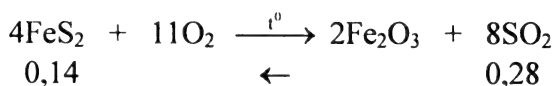
**Giải**

Vì giá trị lớn nhất của m nên chỉ xét trường hợp  $\text{OH}^-$  phản ứng hết.



$$\Rightarrow n_{\text{OH}^-} = x + 0,24 = 2n_{\text{Ba(OH)}_2} + n_{\text{NaOH}} = 0,4 \Rightarrow x = 0,16 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \Sigma n_{\text{SO}_2} = 0,16 + 0,12 = 0,28 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow m = \frac{0,14 \cdot 120 \cdot 100}{80} = 21 \text{ gam}$$

**Ví dụ 4.** Đốt cháy hoàn toàn m gam hỗn hợp X gồm FeS<sub>2</sub> và CuS cần dùng V lít O<sub>2</sub> (đktc), thu được (m - 6,4) gam chất rắn Y. Y phản ứng vừa đủ với 300 ml dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1M.

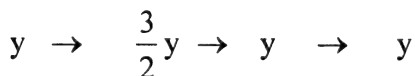
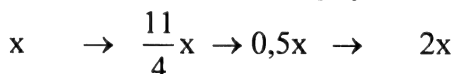
a) Tính giá trị của V.

b) Tính phần trăm khối lượng các chất trong Y.

c) Hấp thụ toàn bộ lượng SO<sub>2</sub> thu được ở trên vào 250 ml dung dịch Ba(OH)<sub>2</sub> 1M. Tính khối lượng muối thu được sau phản ứng.

**Giải**

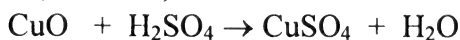
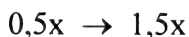
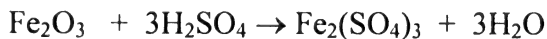
a) Đốt X :



$$\Delta m \downarrow = m_X - m_Y \Rightarrow (120 - 80)x + (96 - 80)y = m - (m - 6,4) = 6,4$$

$$\Rightarrow 40x + 16y = 6,4 \quad (1)$$

• Y + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> :



$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 1,5x + y = 0,3 \quad (2)$$

Giải hệ (1)(2) ta được :

$$x = 0,1 \text{ mol} ; y = 0,15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{O_2} = \frac{11}{4}x + \frac{3}{2}y = 0,5 \text{ mol} \Rightarrow V_{O_2} = 0,5.22,4 = 11,2 \text{ lít}$$

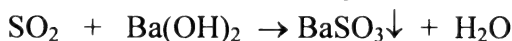
$$b) m_Y = m_{Fe_2O_3} + m_{CuO} = 160.0,5.0,1 + 80.0,15 = 20 \text{ gam}$$

Phần trăm khối lượng các chất trong Y là

$$\%Fe_2O_3 = \frac{160.0,05}{20} . 100\% = 40\%$$

$$\%CuO = 100\% - 40\% = 60\%$$

$$c) n_{Ba(OH)_2} = 0,25.1 = 0,25 \text{ mol} ; n_{SO_2} = 2x + y = 0,35 \text{ mol}$$



$$0,25 \leftarrow 0,25 \rightarrow 0,25$$



$$0,1 \rightarrow 0,1 \rightarrow 0,1$$

$$n_{BaSO_3} \text{ còn} = 0,25 - 0,1 = 0,15 \text{ mol}$$

$\Rightarrow$  Khối lượng muối thu được sau phản ứng là

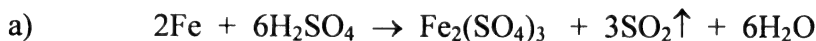
$$m_{\text{muối}} = m_{BaSO_3} + m_{Ba(HSO_3)_2} = 217.0,15 + 299.0,1 = 62,45 \text{ gam}$$

**Ví dụ 5.** Cho 8,4 gam Fe tan hết trong dung dịch  $H_2SO_4$  đặc, nóng, thu được khí  $SO_2$  và dung dịch X. Cô cạn dung dịch X thu được 36,4 gam muối khan.

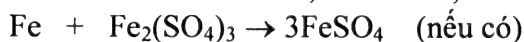
a) Tính khối lượng  $H_2SO_4$  đã phản ứng.

b) Cho toàn bộ lượng khí  $SO_2$  thu được ở trên tác dụng với 275 ml dung dịch KOH 1M, sau khi phản ứng xảy ra hoàn toàn thu được dung dịch Y. Tính khối lượng chất tan có trong dung dịch Y.

**Giải**



$$x \rightarrow 3x \rightarrow 0,5x \rightarrow 1,5x$$



$$y \rightarrow y \rightarrow 3y$$

$$\text{Ta có hệ: } \begin{cases} x + y = \frac{8,4}{56} = 0,15 \\ 400.0,5x + 152.3y = 36,4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,125 \\ y = 0,025 \end{cases}$$

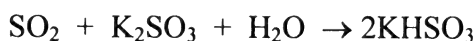
$$\Rightarrow n_{H_2SO_4} \text{ phản ứng} = 3x = 3.0,125 = 0,375 \text{ mol} \Rightarrow m_{H_2SO_4} = 98.0,375 = 36,75 \text{ gam}$$

$$b) n_{KOH} = 0,275 \text{ mol} ; n_{SO_2} = 1,5.0,125 = 0,1875 \text{ mol}$$



$$0,1375 \leftarrow 0,275 \rightarrow 0,1375$$

$$\Rightarrow n_{SO_2} \text{ dư} = 0,1875 - 0,1375 = 0,05 \text{ mol}$$



$$0,05 \rightarrow 0,05 \rightarrow 0,1$$

$$\Rightarrow n_{K_2SO_3} \text{ còn} = 0,1375 - 0,05 = 0,0875 \text{ mol}$$

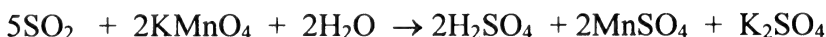
Khối lượng muối trong dung dịch Y là

$$m_{\text{KHSO}_3} = 0,1.120 = 12 \text{ gam}$$

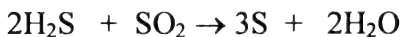
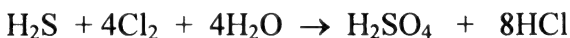
$$m_{\text{K}_2\text{SO}_3} = 158.0,0875 = 13,825 \text{ gam}$$

### **DẠNG 7: BÀI TOÁN LIÊN QUAN ĐẾN TÍNH OXI HÓA - KHỬ CỦA SO<sub>2</sub> VÀ H<sub>2</sub>S.**

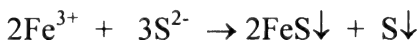
- SO<sub>2</sub> vừa thể hiện tính oxi hóa, vừa thể hiện tính khử. Để nhận biết sự có mặt của khí SO<sub>2</sub> có thể dùng dung dịch thuốc tím hoặc dung dịch brom.



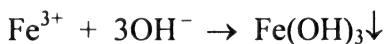
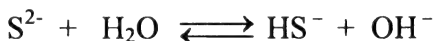
- H<sub>2</sub>S thể hiện tính khử mạnh



Nếu là muối sunfua thì



Do dung dịch S<sup>2-</sup> có môi trường kiềm nên ngoài các kết tủa trên thì có một lượng kết tủa Fe(OH)<sub>3</sub> sinh ra.

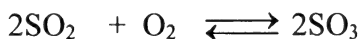


**Ví dụ 1.** Hỗn hợp khí A gồm a mol SO<sub>2</sub> và 5a mol không khí. Nung nóng hỗn hợp A với V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> xúc tác thu được hỗn hợp khí B. Biết rằng tỉ khối hơi của A so với B bằng 0,93. Tính hiệu suất phản ứng của SO<sub>2</sub> với giả thiết không khí chỉ chứa 80% thể tích là N<sub>2</sub> và 20% thể tích là O<sub>2</sub>.

#### ***Giải***

Theo đề bài:  $n_{\text{N}_2} = 4a \text{ mol}$  ;  $n_{\text{O}_2} = a \text{ mol}$

Phương pháp hoá học :



	a	a	
Phản ứng:	x	0,5x	x
Sau phản ứng:	a - x	a - 0,5x	x

Ta có:  $n_A = n_{\text{SO}_2} + n_{\text{O}_2} + n_{\text{N}_2} = a + a + 4a = 6a \text{ mol}$

$$n_B = a - x + a - 0,5x + x + 4a = 6a - 0,5x$$

Tỉ khối của A so với B :

$$d_{A/B} = \frac{M_A}{M_B} = \frac{n_B}{n_A} \Rightarrow \frac{6a - 0,5x}{6a} = 0,93 \Rightarrow \frac{x}{a} = 0,84$$

Vậy :

$$H = \frac{x}{a} \cdot 100\% = 0,84 \cdot 100\% = 84\%$$

**Ví dụ 2.** X là hỗn hợp của  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$ , có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 22,4. Nung nóng X một thời gian trong bình kín có xúc tác thích hợp, thu được hỗn hợp khí Y có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  là 26,67. Tính hiệu suất tổng hợp  $\text{SO}_3$ .

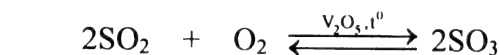
**Giải**

$\overline{M}_X = 44,8$  gam/mol. Cho  $n_X = 1$  mol

Goi x là số mol  $\text{SO}_2 \Rightarrow n_{\text{O}_2} = (1 - x)$  mol

$$\Rightarrow 64x + 32(1-x) = 44,8 \Rightarrow x = 0,4 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{O}_2} = 0,6 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_X = m_Y = 44,8 \text{ gam} \Rightarrow n_Y = \frac{44,8}{26,67} = 0,84 \text{ mol}$$



bd: 0,4 0,6

pư: 2x x 2x

còn: 0,4 - 2x 0,6 - x 2x

$$\Rightarrow n_Y = 0,4 - 2x + 0,6 - x + 2x = 0,84 \Rightarrow x = 0,16 \text{ mol}$$

$\Rightarrow$  Hiệu suất phản ứng:

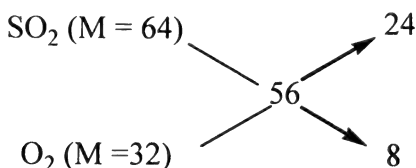
$$H = \frac{2 \cdot 0,16 \cdot 100\%}{0,4} = 80\%$$

**Ví dụ 3.** Hỗn hợp X gồm  $\text{SO}_2$  và  $\text{O}_2$  có tỉ khối so với  $\text{H}_2$  bằng 28. Nung nóng hỗn hợp X một thời gian (có xúc tác  $\text{V}_2\text{O}_5$ ) thu được hỗn hợp Y có tỉ khối so với X bằng 16/13. Tính hiệu suất của phản ứng tổng hợp  $\text{SO}_3$ .

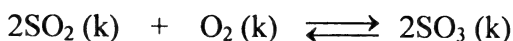
**Giải**

Cho  $n_X = 1$  mol  $\Rightarrow m_X = m_Y = 56$  gam

Đặt:  $n_{\text{SO}_2} = a$  (mol);  $n_{\text{O}_2} = b$  (mol). Ta có hệ:



$$\Rightarrow \frac{n_{\text{SO}_2}}{n_{\text{O}_2}} = \frac{3}{1} \Rightarrow n_{\text{SO}_2} = 0,75 \text{ mol}; n_{\text{O}_2} = 0,25 \text{ mol}$$



$$\text{bđ: } 0,75 \quad 0,25$$

$$\text{pư: } 2x \quad x \quad 2x$$

$$\text{còn: } (0,75 - 2x) \quad (0,25 - x) \quad 2x$$

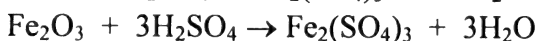
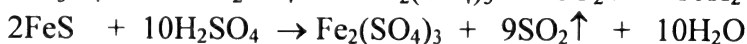
$$\Rightarrow n_Y = (0,75 - 2x) + (0,25 - x) + 2x = 1 - x$$

$$\Rightarrow d(Y/X) = \frac{\overline{M}_Y}{\overline{M}_X} = \frac{n_X}{n_Y} \Rightarrow \frac{16}{13} = \frac{1}{1-x} \Rightarrow x = 0,1875 \text{ mol}$$

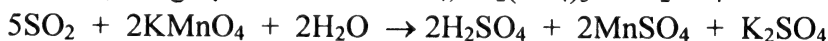
$$\Rightarrow H = \frac{0,1875 \cdot 100\%}{0,25} = 75\%$$

**Ví dụ 4.** Cho hỗn hợp gồm  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Cu}$  tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng (dư) thu được dung dịch B và khí A (sản phẩm khử duy nhất). Dẫn A qua dung dịch  $\text{KMnO}_4$  và cho bột đồng tới dư vào dung dịch B. Viết các phương trình phản ứng hoá học có thể xảy ra.

**Giải**



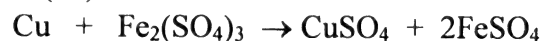
Khí A là  $\text{SO}_2$ ; dung dịch B chứa  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  và  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dư



• B + Cu :

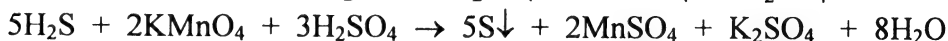
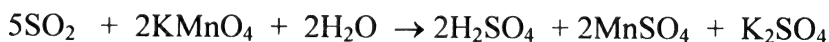


Nếu nồng độ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  chuyển từ đặc sang loãng thì phản ứng trên dừng lại và Cu khử muối sắt (III) :



**Ví dụ 5.** Hòa tan hết 17,55 gam hỗn hợp Mg, Al trong 150 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% thu được dung dịch X và hỗn hợp khí Y gồm  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{SO}_2$ . Cho Y lội chậm qua bình đựng dung dịch  $\text{KMnO}_4$  (dư) thấy có 4,8 gam kết tủa xuất hiện, lọc tách kết tủa, cho nước lọc tác dụng với dung dịch  $\text{BaCl}_2$  (dư) thu được 52,425 gam kết tủa. Tính nồng độ phần trăm của  $\text{H}_2\text{SO}_4$  trong X và phần trăm khối lượng của Mg trong hỗn hợp ban đầu.

**Giải**

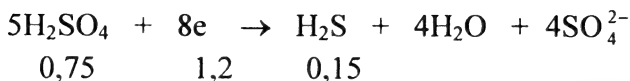
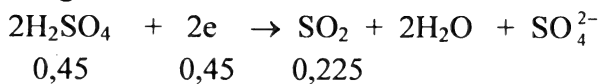


$$0,15 \quad \longleftarrow \quad 0,09 \quad \longleftarrow \quad 0,15$$

$$\text{Theo ĐLBTTNT} \Rightarrow n_{\text{SO}_2} = n_{\text{BaSO}_4} = \frac{52,425}{233} = 0,225(\text{mol})$$



Bán phản ứng khử:

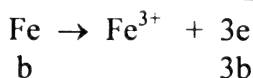
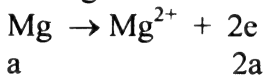


$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,45 + 0,75 = 1,2(\text{mol}) \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ còn} = \frac{150,98}{98.100} - 1,2 = 0,3(\text{mol})$$

$$\text{Theo ĐLBTKL: } m_X = 17,55 + 150 - (64.0,225 + 34.0,15) = 148,05 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow C\% (\text{H}_2\text{SO}_4) = \frac{0,3.98.100\%}{148,05} = 19,86\%.$$

Bán phản ứng oxi hoá:



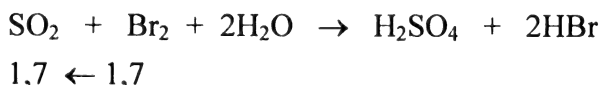
Ta có hệ:

$$\begin{cases} 2a + 3b = 1,65 \\ 24a + 27b = 17,55 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,45(\text{mol}) \\ b = 0,25(\text{mol}) \end{cases}$$

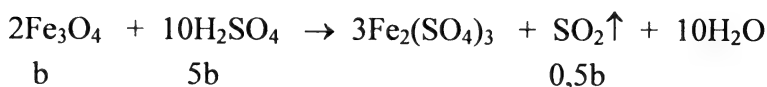
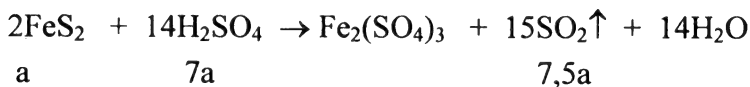
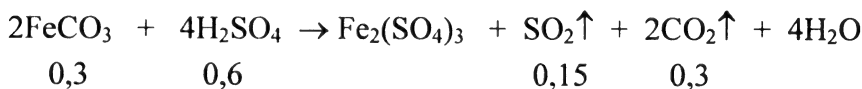
$$\Rightarrow \% \text{Mg} = \frac{24.0,45.100\%}{17,55} = 61,54\%$$

**Ví dụ 6.** Hòa tan hết 82 gam hỗn hợp X gồm  $\text{FeCO}_3$ ,  $\text{FeS}_2$  và  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  trong 300 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% (vừa đủ), thu được dung dịch Y và 44,8 lít hỗn hợp khí Z. Cho Z đi qua bình đựng dung dịch brom (dư), thấy có 272 gam brom bị mất màu. Tính phần trăm số mol của  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  trong X và nồng độ phần trăm của  $\text{H}_2\text{SO}_4$  trong Y.

**Giải**



$$\Rightarrow n_{\text{CO}_2} = \frac{44,8}{22,4} - 1,7 = 0,3(\text{mol}) \Rightarrow n_{\text{FeCO}_3} = 0,3(\text{mol})$$



Ta có hệ:

$$\begin{cases} 116,0,3 + 120a + 232b = 82 \\ 0,45 + 7,5a + 0,5b = 2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a = 0,2 \\ b = 0,1 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \%Fe_3O_4 = \frac{0,1}{0,1 + 0,2 + 0,3} \cdot 100\% = 16,67\%$$

$$\Rightarrow n_{H_2SO_4 \text{ còn}} = \frac{300 \cdot 98}{98 \cdot 100} - (0,6 + 1,4 + 0,5) = 0,5(\text{mol});$$

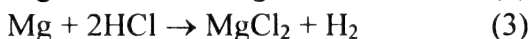
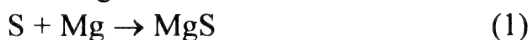
$$m_Y = (300 + 82) - (64 \cdot 1,7 + 0,3 \cdot 44) = 260 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow C\% (H_2SO_4) = \frac{0,5 \cdot 98 \cdot 100\%}{260} = 18,84\%$$

**Ví dụ 7.** Hỗn hợp A gồm bột S và Mg. Đun nóng A trong điều kiện không có không khí, sau đó làm nguội và cho sản phẩm tác dụng với dung dịch HCl (dư) thu được 2,987 lít khí B có tỉ khối so với không khí bằng 0,8966. Đốt cháy hết khí B, sau đó cho toàn bộ sản phẩm vào 100 ml  $H_2O_2$  5% ( $D = 1\text{g/ml}$ ) thu được dung dịch D. Xác định % khối lượng các chất trong A và nồng độ % các chất trong dung dịch D. Cho thể tích các chất khí đo ở điều kiện tiêu chuẩn.

### Giải

Phương trình phản ứng:



$$\overline{M}_B = 0,8966 \times 29 = 26 \Rightarrow B \text{ chứa } H_2S \text{ và } H_2 \text{ [Mg có dư sau phản ứng (1)]}$$

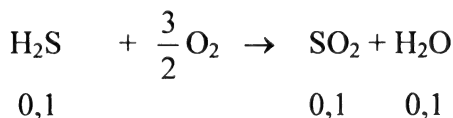
Gọi x và y lần lượt là số mol khí  $H_2S$  và  $H_2$ , ta có :

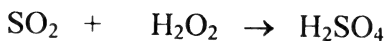
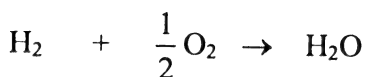
$$\begin{cases} x + y = \frac{2,987}{22,4} \\ \frac{34x + 2y}{x + y} = 26 \end{cases}$$

$$\text{Giải ra ta có } x = 0,1 ; y = \frac{0,1}{3}.$$

Từ (1), (2), (3) ta có:

$$\%m_S = \frac{0,1 \cdot 32}{\left(0,1 + \frac{0,1}{3}\right) \cdot 24 + 0,1 \cdot 32} \cdot 100\% = 50\% ; \%m_{Mg} = 50\%$$





$$m_{\text{ddD}} = 100 + 64.0,1 + 18.0,133 = 108,794 \text{ gam}$$

$$C\%_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{98.0,1.100\%}{108,794} = 9\%$$

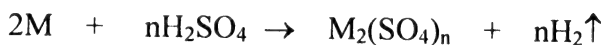
$$C\%_{\text{H}_2\text{O}_2} = \frac{34.0,047.100\%}{108,794} = 1,47\%$$

## DẠNG 8: BÀI TẬP VỀ AXIT SUNFURIC

*Phương pháp:*

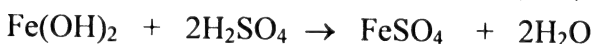
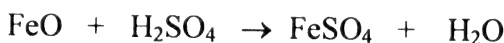
- Axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng có tính axit mạnh (tương tự như  $\text{HCl}$ )

- Với kim loại  $\Rightarrow$  muối sunfat +  $\text{H}_2$

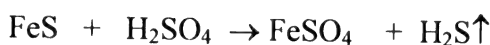
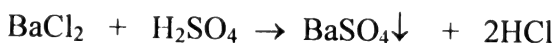


(M đứng trước  $\text{H}_2$ , n là số oxi hóa thấp nhất của kim loại)

- Với oxit bazơ, bazơ  $\Rightarrow$  muối +  $\text{H}_2\text{O}$

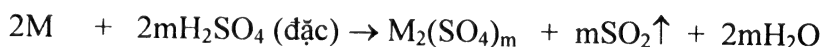


- Với muối  $\Rightarrow$  muối mới + axit mới



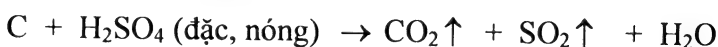
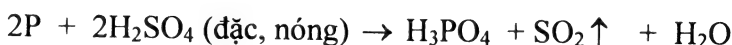
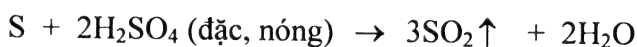
- Axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc có tính oxi hóa mạnh

- Với kim loại (trừ  $\text{Pt}$ ,  $\text{Au}$ )



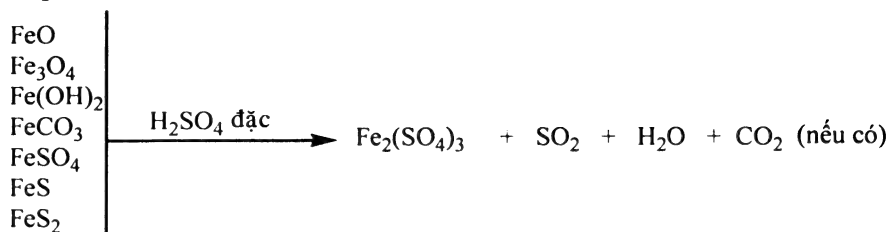
(m là hóa trị cao nhất của M.  $\text{Al}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Cr}$  bị thụ động hóa trong  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nguội)

- Với phi kim

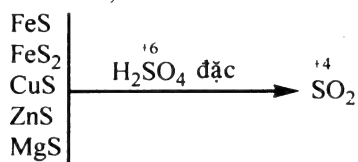


- Với hợp chất có tính khử

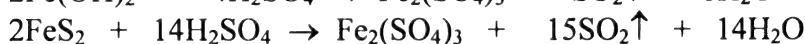
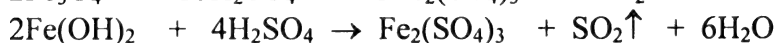
+ Các hợp chất  $\text{Fe}^{+2} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$



+ Các hợp chất  $\text{S}^{-1}, \text{S}^{-2} \rightarrow \text{S}^{+4}$

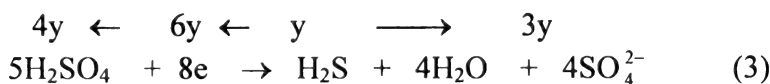
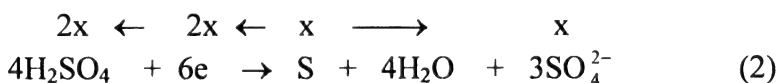
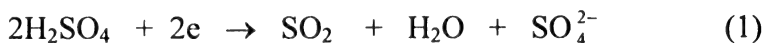


Ví dụ :



• Cách tính nhanh số ml anion  $\text{SO}_4^{2-}$  tạo muối và số mol axit  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tham gia phản ứng trong phản ứng oxi - hóa khử

Không phụ thuộc vào bản chất và số lượng các kim loại, ta luôn có các bán phản ứng khử:



$$\begin{aligned} \Rightarrow n_{\text{SO}_4^{2-} \text{ tạo muối}} &= n_{\text{SO}_2} + 3n_{\text{S}} + 4n_{\text{H}_2\text{S}} = \frac{2}{2} n_{\text{SO}_2} + \frac{6}{2} n_{\text{S}} + \frac{8}{2} n_{\text{H}_2\text{S}} \\ &= \sum \frac{a}{2} n_X \quad (a \text{ là số electron mà } \text{S}^{+6} \text{ nhận vào để tạo ra sản phẩm khử X}) \end{aligned}$$

Chú ý:

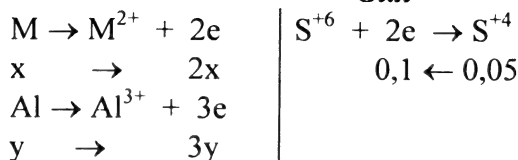
$$\bullet \quad n_{\text{SO}_4^{2-} \text{ tạo muối}} = \sum \frac{a}{2} n_X$$

$$\bullet \quad n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ phản ứng}} = 2n_{\text{SO}_2} + 4n_{\text{S}} + 5n_{\text{H}_2\text{S}}$$

(Hai biểu thức trên chỉ áp dụng nếu hỗn hợp đầu là các kim loại. Trường hợp hỗn hợp không hoàn toàn là kim loại thì ta dùng phương pháp qui đổi nguyên tố để giải nhanh)

**Ví dụ 1.** Cho 1,74 gam hỗn hợp X gồm kim loại M (nhóm IIA) và Al tác dụng hết với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc nóng, dư thu được 0,05 mol  $\text{SO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất). Mặt khác, cho 2,1 gam M phản ứng hết với lượng dư dung dịch HCl thì thể tích khí  $\text{H}_2$  thu được vượt quá 1,12 lít (đktc). Xác định kim loại M.

**Giải**



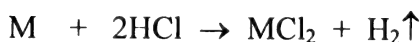
$$\Rightarrow 2\text{x} + 3\text{y} = 0,1 \quad (1)$$

Mặt khác:

$$\text{Mx} + 27\text{y} = 1,74 \quad (2)$$

Từ (1) và (2) ta rút ra:

$$\text{x} = \frac{0,84}{\text{M}-18} < 0,05 \Rightarrow \text{M} > 34,8 \quad (*)$$



$$\frac{2,1}{\text{M}} \rightarrow \frac{2,1}{\text{M}}$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}_2} = \frac{2,1}{\text{M}} > 0,05 \Rightarrow \text{M} < 42 \quad (**)$$

$$(*) \text{ và } (**) \Rightarrow 34,8 < \text{M} < 42 \Rightarrow \text{M} = 40 \text{ (Ca)}$$

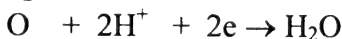
**Ví dụ 2.** Cho 39,2 gam hỗn hợp M gồm Fe, FeO,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , CuO và Cu (trong đó oxi chiếm 18,367% về khối lượng) tác dụng với 500 ml dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  nồng độ a mol/l, thu được 0,4 mol  $\text{SO}_2$  (sản phẩm khử duy nhất của  $\text{S}^{+6}$ ). Tính giá trị của a. Biết lượng axit lấy dư 20% so với lượng cần thiết.

**Giải**

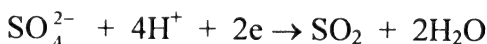
Quy M về Fe, Cu và O. Ta có:

$$n_{\text{O}} = \frac{39,2 \cdot 18,367}{16 \cdot 100} = 0,45 \text{ mol}$$

Các bán phản ứng khử:



$$0,45 \rightarrow 0,9$$



$$1,6 \leftarrow 0,4$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1}{2} n_{\text{H}^+} = 2,5 \text{ mol} \Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ ban đầu} = 2,5 \cdot 1,2 = 3 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow a = \frac{3}{0,5} = 6\text{M}$$

**Ví dụ 3.** Dẫn luồng khí CO đi qua hỗn hợp gồm CuO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> và ZnO đun nóng, sau một thời gian thu được chất rắn X và hỗn hợp khí Y. Cho Y lội chậm qua bình đựng dung dịch Ba(OH)<sub>2</sub> dư, kết thúc phản ứng thu được 49,25 gam kết tủa. Cho toàn bộ X phản ứng với lượng dư dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc nóng, kết thúc các phản ứng thu được V lít khí SO<sub>2</sub> (sản phẩm khử duy nhất, đktc). Tính giá trị của V.

**Giải**

$$n_{\text{CO}_2} = n_{\text{BaCO}_3} = \frac{49,25}{197} = 0,25 \text{ mol}$$

$$\begin{array}{c|c} \text{C}^{+2} \rightarrow \text{C}^{+4} + 2\text{e} & \text{S}^{+6} + 2\text{e} \rightarrow \text{S}^{+4} \\ 0,25 \rightarrow 0,5 & 0,5 \rightarrow 0,25 \end{array}$$

$$\Rightarrow V = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ lít}$$

**Ví dụ 4.** Cho m gam bột Fe vào 50 ml dung dịch CuSO<sub>4</sub> 1M, sau phản ứng thu được dung dịch X và 4,88 gam chất rắn Y. Cho 4,55 gam bột Zn vào dung dịch X, kết thúc phản ứng thu được 4,1 gam chất rắn Z và dung dịch chứa một muối duy nhất. Tính giá trị của m.

**Giải**

$$\text{Muối duy nhất là ZnSO}_4 \Rightarrow n_{\text{Zn}} \text{ phản ứng} = n_{\text{ZnSO}_4} = n_{\text{CuSO}_4} = 0,05 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Zn}} \text{ còn} = \frac{4,55}{65} - 0,05 = 0,02 \text{ mol}$$

$$\text{Để thấy: } m_{\text{Fe}} + m_{\text{Cu}} + m_{\text{Zn dư}} = m_{\text{Y}} + m_{\text{Z}}$$

$$\Rightarrow m = 4,88 + 4,1 - 65 \cdot 0,02 - 64 \cdot 0,05 = 4,48 \text{ gam}$$

**Ví dụ 5.** Hỗn hợp X gồm các kim loại Mg, Al, Zn. Lấy m gam hỗn hợp X tác dụng hết với dung dịch HCl dư thu được 6,72 lít khí (ở đktc). Cũng lấy m gam X tác dụng hết với dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc, nóng, dư thu được V lít khí SO<sub>2</sub> (sản phẩm khử duy nhất, ở đktc) và (m + a) gam muối. Tính giá trị của V và a.

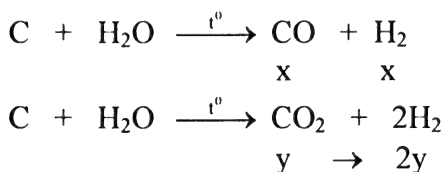
**Giải**

$$n_{\text{SO}_2} = n_{\text{H}_2} = 0,3 \text{ mol} \Rightarrow V_{\text{SO}_2} = 0,3 \cdot 22,4 = 6,72 \text{ lít}$$

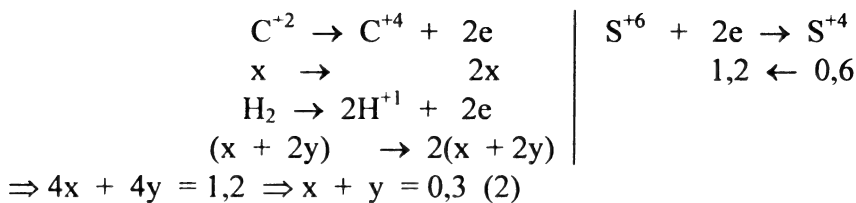
$$n_{\text{SO}_4^{2-}} \text{ tạo muối} = n_{\text{SO}_2} = 0,3 \text{ mol} \Rightarrow a = 0,3 \cdot 96 = 28,8 \text{ gam}$$

**Ví dụ 6.** Cho hơi nước đi qua than nóng đỏ thu được 0,8 mol hỗn hợp khí X gồm CO, CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>. Cho toàn bộ X phản ứng hết với CuO dư, đun nóng thu được hỗn hợp chất rắn Y. Hòa tan hết Y bằng dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc, dư thu được 0,6 mol khí SO<sub>2</sub> (sản phẩm khử duy nhất). Tính tỉ khối của X so với H<sub>2</sub>.

**Giải**



$$\Rightarrow n_{\text{X}} = 2\text{x} + 3\text{y} = 0,8 \quad (1)$$



Giải hệ (1)(2) ta được:  $\begin{cases} \text{x} = 0,1 \text{ mol} \\ \text{y} = 0,2 \text{ mol} \end{cases}$

$$\Rightarrow m_{\text{X}} = 28.0,1 + 44.0,2 + 2.(0,1 + 2.0,2) = 12,6 \text{ gam}$$

$$\Rightarrow \overline{M}_{\text{X}} = \frac{12,6}{0,8} = 15,75 \text{ gam / mol} \Rightarrow d(\text{X}/\text{H}_2) = \frac{15,75}{2} = 7,875 \text{ gam/mol}$$

**Ví dụ 7.** Cho m gam hỗn hợp kim loại gồm Al, Mg, Zn phản ứng hết với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng, dư thì thu được dung dịch X chứa 61,4 gam muối sunfat và  $5m/67$  gam khí  $\text{H}_2$ . Tính giá trị của m.

**Giải**

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = n_{\text{H}_2} = n_{\text{SO}_4^{2-}} = \frac{5m}{134} \text{ mol}$$

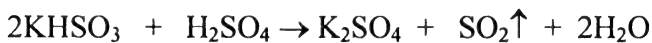
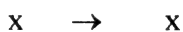
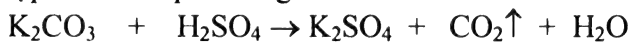
$$\Rightarrow m_{\text{kl}} + m_{\text{SO}_4^{2-}} = m_{\text{muối}} \Rightarrow m + \frac{96.5m}{134} = 61,4 \Rightarrow m = 13,4 \text{ gam}$$

**Ví dụ 8.** Cho 39,6 gam hỗn hợp gồm  $\text{K}_2\text{CO}_3$  và  $\text{KHSO}_3$  vào 147 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  20%, đun nóng đến khi kết thúc các phản ứng thu được dung dịch X. Dung dịch X chứa các chất tan nào?

**Giải**

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{147.20}{98.100} = 0,3 \text{ mol}$$

Giả sử hỗn hợp hai muối phản ứng hết và axit vừa hết. Ta có:



Ta có hệ:

$$\begin{cases} 138\text{x} + 120\text{y} = 39,6 \\ \text{x} + 0,5\text{y} = 0,3 \end{cases}$$

Nếu  $\text{KHSO}_3$  còn,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hết thì  $138\text{x} + 120\text{y}_1 < 39,6$

$$\text{Do } \text{x} + 0,5\text{y}_1 = 0,3 \Rightarrow 138\text{x} + 69\text{y}_1 = 41,4 \text{ (vô lí)}$$

Vậy  $\text{H}_2\text{SO}_4$  còn  $\Rightarrow$  Chất tan trong dung dịch X là  $\text{K}_2\text{SO}_4$  và  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dư.

**Ví dụ 9.** Cho 12,3 gam hỗn hợp X gồm kim loại M và Cu (trong đó M chiếm 21,95% về khối lượng) vào 100 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% đun nóng, kết thúc phản ứng thu được dung dịch Y và 6,72 lít  $\text{SO}_2$  (đktc).

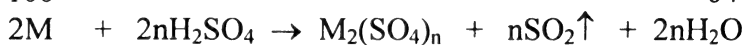
a) Xác định tên kim loại M.

b) Tính nồng độ phần trăm của các chất trong dung dịch Y.

c) Tính thể tích dung dịch NaOH 1M cần dùng để phản ứng vừa đủ với dung dịch Y.

### Giải

$$a) m_M = \frac{12,3 \cdot 21,95}{100} = 2,7 \text{ gam}; m_{Cu} = 12,3 - 2,7 = 9,6 \text{ gam} \Rightarrow n_{Cu} = \frac{9,6}{64} = 0,15 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow Ma + 64 \cdot 0,15 = 12,3 \Rightarrow Ma = 2,7 \quad (1)$$

$$n_{SO_2} = 0,5na + 0,15 = 0,3 \Rightarrow na = 0,3 \quad (2)$$

$$\text{Từ (1)(2)} \Rightarrow M = 9n \Rightarrow n = 3 \text{ và } M = 27 \text{ (Al)}$$

$$b) m_{dd Y} = 12,3 + 100 - 64 \cdot 0,3 = 93,1 \text{ gam}; n_{H_2SO_4 \text{ ban đầu}} = \frac{100 \cdot 98}{100 \cdot 98} = 1 \text{ mol}$$

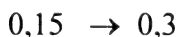
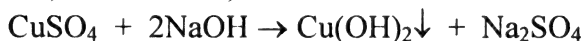
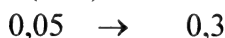
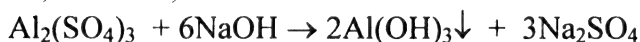
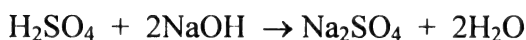
$$n_{H_2SO_4 \text{ phản ứng}} = 0,3 + 0,3 = 0,6 \text{ mol} \Rightarrow n_{H_2SO_4 \text{ còn}} = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ mol}$$

Nồng độ phần trăm của các chất trong Y là

$$C_{Al_2(SO_4)_3} = \frac{0,5 \cdot 0,1 \cdot 342 \cdot 100\%}{93,1} = 18,36\%$$

$$C_{CuSO_4} = \frac{0,15 \cdot 160 \cdot 100\%}{93,1} = 25,779\%$$

c)



$$\Rightarrow V_{dd NaOH} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ lít}$$

**Ví dụ 10.** Chia m gam hỗn hợp X gồm Fe, Cu thành hai phần bằng nhau. Cho phần 1 tác dụng vừa đủ với 6,72 lít Cl<sub>2</sub> (đktc). Hoà tan hết phần 2 trong 80 gam dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 98% đun nóng, thu được dung dịch Y và V lít SO<sub>2</sub> (đktc). Cho Y tác dụng với dung dịch NaOH dư, lọc kết tủa nung trong không khí đến khối lượng không đổi còn lại 20 gam chất rắn khan.

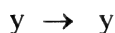
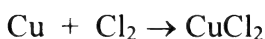
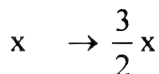
a) Tính m và V.

b) Tính nồng độ phần trăm các chất trong Y.



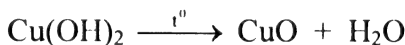
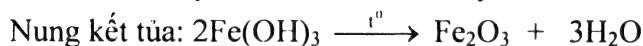
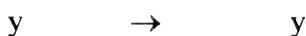
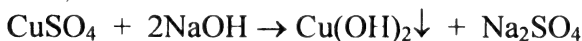
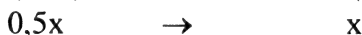
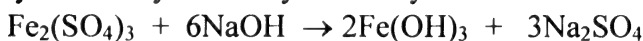
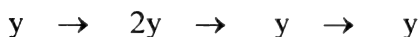
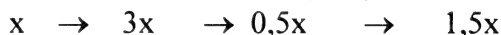
**Giải**

a) • Phần 1:  $2\text{Fe} + 3\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{FeCl}_3$



$$\Rightarrow n_{\text{Cl}_2} = \frac{3}{2}x + y = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \quad (1)$$

• Phần 2:  $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ ban đầu} = \frac{80,98}{100,98} = 0,8 \text{ mol}$



$$\Rightarrow m_{\text{oxit}} = m_{\text{Fe}_2\text{O}_3} + m_{\text{CuO}} \Rightarrow 160.0,5x + 80y = 20 \Rightarrow x + y = 0,25 \quad (2)$$

Giải hệ (1)(2) ta được:  $x = 0,1 \text{ mol}$ ;  $y = 0,15 \text{ mol}$

$$\Rightarrow m = 2.(56.0,1 + 64.0,15) = 30,4 \text{ gam}$$

$$n_{\text{SO}_2} = 1,5x + y = 1,5.0,1 + 0,15 = 0,3 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow V_{\text{SO}_2} = 0,3.22,4 = 6,72 \text{ lít}$$

$$\text{b) } m_{\text{ddY}} = 80 + 15,2 - 64.0,3 = 76 \text{ gam};$$

$$n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ phản ứng} = 3x + 2y = 3.0,1 + 2.0,15 = 0,6 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ còn} = 0,8 - 0,6 = 0,2 \text{ mol}$$

Nồng độ phần trăm của các chất trong dung dịch Y là

$$C\%_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{0,05.400.100\%}{76} = 26,31\%$$

$$C\%_{\text{CuSO}_4} = \frac{0,15.160.100\%}{76} = 31,57\%$$

$$C\%_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{0,2.98.100\%}{76} = 25,78\%$$

## C. BÀI TẬP

1. Cho các chất:  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{S}$ . Lập sơ đồ chuyển hóa giữa các chất trên. Viết phương trình hóa học các phản ứng theo sơ đồ chuyển hóa đó.
2. Hàm lượng cho phép của tạp chất lưu huỳnh trong nhiên liệu là 0,30%. Người ta đốt cháy hoàn toàn 100,0 gam một loại nhiên liệu và dẫn sản phẩm cháy (giả thiết chỉ có  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  và hơi nước) qua dung dịch  $\text{KMnO}_4$   $5,0 \cdot 10^{-3}\text{M}$  trong  $\text{H}_2\text{SO}_4$  thì thấy thể tích dung dịch  $\text{KMnO}_4$  đã phản ứng vừa hết với lượng sản phẩm cháy trên là 625 ml. Hãy tính toán xác định xem nhiên liệu đó có được phép sử dụng hay không ?
3. Một loại quặng pirit có chứa 75,5%  $\text{FeS}_2$  ( còn lại là tạp chất trơ). Khối lượng quặng này để điều chế 1 kg dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  63,7% là (biết rằng có 1,5% khối lượng  $\text{SO}_2$  bị hút trong khí nung quặng) bao nhiêu?
4. Hòa tan một hỗn hợp gồm 0,1 mol mỗi chất  $\text{FeS}$ ,  $\text{CuS}$  và  $\text{ZnS}$  trong dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng (dư), khí thoát ra sau phản ứng cho hấp thụ hết vào 250 ml dung dịch  $\text{NaOH}$  1M, tạo ra m gam muối. Tính giá trị của m.
5. Hòa tan hỗn hợp A thu được từ sự nung bột  $\text{Al}$  và  $\text{S}$  bằng dung dịch  $\text{HCl}$  dư thấy còn lại 0,04 gam chất rắn và có 1,344 lít khí (đktc) thoát ra. Cho toàn bộ khí đó qua dung dịch  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  lắt dư thu được 7,17 gam kết tủa đen. Xác định phần trăm khối lượng  $\text{Al}$  và  $\text{S}$  trước khi nung ?
6. Cho 24,1 gam hỗn hợp X gồm  $\text{CuS}$  và  $\text{ZnS}$  vào dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng (dư), sinh ra 2,24 lít khí (đktc). Mặt khác, đốt cháy hoàn toàn hỗn hợp trên cần dùng V lít  $\text{O}_2$  (đktc), khí sinh ra được hấp thụ hết vào bình đựng 200 ml dung dịch ( $\text{Ba}(\text{OH})_2$  0,5M +  $\text{NaOH}$  1M) thu được dung dịch Y.
  - a) Tính V
  - b) Tính nồng độ mol các chất trong Y. Coi thể tích dung dịch thay đổi không đáng kể.
7. Đốt cháy hoàn toàn m gam hỗn hợp X gồm  $\text{CuS}$ ,  $\text{FeS}$  cần dùng vừa đủ 8,96 lít  $\text{O}_2$  (đktc), thu được chất rắn Y và V lít  $\text{SO}_2$  (đktc). Y tác dụng vừa đủ với 300 ml dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M.
  - a) Tính m.
  - b) Hấp thụ hết V lít khí  $\text{SO}_2$  ở trên vào 400 ml dung dịch  $\text{NaOH}$  1M. Tính khối lượng muối thu được sau phản ứng.
8. Cho luồng khí  $\text{CO}$  từ từ đi qua ống sứ đựng 32 gam  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  nung nóng, sau phản ứng thu được hỗn hợp B gồm 4 chất rắn. Hoà tan B trong dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, nóng (dư) được 0,58 mol khí  $\text{SO}_2$  thoát ra. Tính khối lượng của hỗn hợp B.
9. Hoà tan hoàn toàn 19,2 gam kim loại M có hoá trị 2 trong  $\text{H}_2\text{SO}_4$  đặc, dư, thu được khí  $\text{SO}_2$ . Toàn bộ lượng khí  $\text{SO}_2$  này được hấp thụ hoàn toàn trong 1 lít dung dịch  $\text{NaOH}$  0,7M, cô cạn dung dịch sau phản ứng được 41,8 gam chất rắn. Tìm kim loại M ?
10. Chia m gam hỗn hợp X gồm  $\text{Fe}_x\text{O}_y$ ,  $\text{Fe}$  thành hai phần bằng nhau. Cho phần 1 tác dụng vừa đủ với 450 ml dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M, sinh ra 3,36 lít  $\text{H}_2$  (đktc).

- Hoà tan hết phần 2 trong 100 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% đun nóng, thu được dung dịch Y và 2,8 lít  $\text{SO}_2$  (đktc).
- Xác định công thức oxit sắt.
  - Tính m.
  - Tính nồng độ phần trăm các chất trong dung dịch Y.
11. Chia m gam hỗn hợp X gồm  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  và  $\text{FeCO}_3$  thành hai phần bằng nhau. Phần 1 tác dụng vừa đủ với 550 ml dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1M thu được V lít  $\text{CO}_2$  (đktc). Cho phần 2 phản ứng hết với 120 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98%, thu được dung dịch Y và 6,16 lít hỗn hợp hai khí ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) (đktc).
- Tính m.
  - Tính nồng độ phần trăm của các chất trong Y.
  - Tính giá trị của V.
12. Chia m gam hỗn hợp X gồm Fe, Cu thành hai phần bằng nhau. Phần 1 cho tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng dư, sinh ra 2,24 lít  $\text{H}_2$  (đktc). Hoà tan hết phần 2 trong 100 gam dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  98% đun nóng, thu được dung dịch Y và 6,72 lít  $\text{SO}_2$  (đktc).
- Tính phần trăm khối lượng mỗi kim loại trong X.
  - Tính nồng độ phần trăm của các chất trong Y.
13. Đốt cháy hoàn toàn m gam hỗn hợp X gồm Ba và Al trong bình kín chứa đầy khí  $\text{O}_2$ , thu được  $(m + 7,6)$  gam chất rắn Y. Cho Y vào nước lấy dư, thu được 500 ml dung dịch Z và còn lại 2,55 gam chất rắn không tan.
- Tính m.
  - Tính nồng độ mol của dung dịch Z.
14. Đốt cháy 11,8 gam hỗn hợp Cu và Al trong khí oxi vừa đủ (đktc) thu được hỗn hợp hai oxit. Biết rằng trong hỗn hợp khối lượng của Cu nhiều hơn khối lượng của Al là 1 gam.
- Viết phương trình phản ứng.
  - Tính thể tích oxi cần dùng.
  - Tính phần trăm theo khối lượng mỗi oxit trong hỗn hợp thu được.
15. Hòa tan hỗn hợp X gồm  $\text{CuSO}_4$  và  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  vào nước được dung dịch Y. Cho Fe dư vào dung dịch Y đến khi các phản ứng kết thúc thu được dung dịch Z có khối lượng bằng khối lượng dung dịch Y (bỏ qua sự thủy phân của các ion trong dung dịch và sự bay hơi của nước). Tính phần trăm khối lượng của  $\text{CuSO}_4$  trong X.
16. Nung m gam hỗn hợp X gồm bột sắt và lưu huỳnh thu được hỗn hợp Y gồm FeS, Fe, S. Chia Y thành 2 phần bằng nhau. Cho phần 1 tác dụng với dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng, dư thấy thoát ra 2,8 lít hỗn hợp khí (ở đktc). Cho phần 2 tác dụng hết với lượng dư dung dịch  $\text{HNO}_3$  đặc, nóng thấy thoát ra 16,464 lít khí chỉ có  $\text{NO}_2$  (ở đktc, sản phẩm khử duy nhất). Tính giá trị của m.
17. Cho các dung dịch riêng biệt mất nhãn :  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{S}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{BaCl}_2$ . Chỉ được dùng một thuốc thử bên ngoài, hãy trình bày phương pháp hoá học để phân biệt các dung dịch trên.

18. Trình bày phương pháp hoá học để phân biệt các lọ mất nhãn, mỗi lọ đựng một trong các khí sau :
- $O_2, O_3, SO_2, H_2S, SO_3$
19. Cho 20 gam hỗn hợp X gồm  $Fe_3O_4, Fe$  vào 100 gam dung dịch  $H_2SO_4$  98% đun nóng, thu được dung dịch Y và V lít  $SO_2$  (sản phẩm khử duy nhất, đktc). Cho Y tác dụng với dung dịch NaOH dư, kết tủa thu được đem nung trong không khí đến khối lượng không đổi, còn lại 24 gam chất rắn khan.
- Tính phần trăm khối lượng mỗi chất trong X.
  - Tính V
  - Tính nồng độ phần trăm các chất trong Y.
20. Chia m gam hỗn hợp X gồm  $Fe_xO_y$  và CuO (tỉ lệ mol tương ứng 1:2) thành 2 phần bằng nhau. Phần 1 tác dụng vừa đủ với 300 ml dung dịch  $H_2SO_4$  1M. Hoà tan hết phần 2 trong dung dịch  $H_2SO_4$  đặc, nóng (dư) sinh ra 1,12 lít  $SO_2$  (đktc). Xác định công thức của oxit sắt.
21. Từ các nguyên tố O, Na, S tạo ra được các muối A, B đều có 2 nguyên tử Na trong phân tử. Trong một thí nghiệm hoá học người ta cho  $m_1$  gam muối A biến đổi thành  $m_2$  gam muối B và 6,16 lít khí Z tại  $27,3^\circ C$  ; 1 atm. Biết rằng hai khối lượng đó khác nhau 16,0 gam.
- Hãy viết phương trình phản ứng xảy ra với công thức cụ thể của A , B.
  - Tính  $m_1, m_2$ .
22. Hỗn hợp A gồm bột Al và bột S. Cho 13,725 gam A tác dụng với 400 ml dung dịch HCl 2M thu được 8,316 lít khí  $H_2$  tại  $27,3^\circ C$ ; 1 atm, trong bình sau phản ứng có dung dịch B. Nếu nung nóng 6,6375 gam A trong bình kín không có oxi tới nhiệt độ thích hợp được chất D. Hoà tan D trong 200 ml HCl 2M được khí E và dung dịch F.
- Hãy tính nồng độ các chất và các ion trong dung dịch B, dung dịch F.
  - Tính pH của môi trường đó và nêu rõ nguyên nhân phải tạo pH thấp như vậy.
  - Dẫn khí E (đã được làm khô) qua ống sứ chứa 31,5 gam bột CuO nung nóng tới nhiệt độ thích hợp (không có oxi không khí). Phản ứng xong ta thu được những chất nào? Tính lượng mỗi chất đó? (Biết trong sản phẩm: chất rắn là nguyên chất, tính theo gam, chất khí bay hơi do tại  $100^\circ C$ , 1 atm, khi tính số mol được lấy tới chữ số thứ 5 sau dấu phẩy).
  - Rót từ từ (có khuấy đều) cho đến hết 198 ml NaOH 10% ( $D = 1,10$  gam/ml) vào dung dịch F.
- Hãy nêu và giải thích hiện tượng xảy ra.
  - Tính lượng kết tủa thu được (nhiều nhất, ít nhất).
23. Có các dung dịch (bị mất nhãn): a)  $BaCl_2$ ; b)  $NH_4Cl$ ; c)  $K_2S$ ; d)  $Al_2(SO_4)_3$ ; e)  $MgSO_4$ ; g)  $KCl$ ; h)  $ZnCl_2$ . Được dùng thêm dung dịch phenolphthalein (khoảng pH chuyển màu từ 8 - 10) hoặc metyl da cam (khoảng pH chuyển màu từ 3,1 - 4,4). Hãy nhận biết mỗi dung dịch trên, viết các phương trình ion (nếu có) để giải thích.

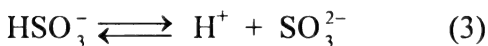
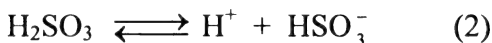
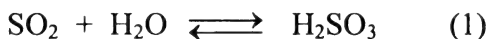
- 24.** Tìm cách loại sạch tạp chất khí có trong khí khác và viết các phương trình phản ứng xảy ra:
- a) CO có trong CO<sub>2</sub>;                      b) H<sub>2</sub>S có trong HCl;  
c) HCl có trong H<sub>2</sub>S;                      d) HCl có trong SO<sub>2</sub>;  
e) SO<sub>3</sub> có trong SO<sub>2</sub>.
- 25.** Trong phòng thí nghiệm có các dung dịch bị mất nhãn: AlCl<sub>3</sub>, NaCl, KOH, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, AgNO<sub>3</sub>. Dùng thêm một thuốc thử, hãy nhận biết mỗi dung dịch. Viết các phương trình phản ứng (nếu có).
- 26.** Dung dịch bão hòa H<sub>2</sub>S có nồng độ 0,100 M. Hằng số axit của H<sub>2</sub>S: K<sub>1</sub> = 1,0.10<sup>-7</sup> và K<sub>2</sub> = 1,3.10<sup>-13</sup>.
- a) Tính nồng độ ion sunfua trong dung dịch H<sub>2</sub>S 0,100 M khi điều chỉnh pH = 2,0.  
b) Một dung dịch A chứa các cation Mn<sup>2+</sup>, Co<sup>2+</sup>, và Ag<sup>+</sup> với nồng độ ban đầu của mỗi ion đều bằng 0,010 M. Hoà tan H<sub>2</sub>S vào A đến bão hoà và điều chỉnh pH = 2,0 thì ion nào tạo kết tủa. Cho: T<sub>MnS</sub> = 2,5.10<sup>-10</sup>; T<sub>CoS</sub> = 4,0.10<sup>-21</sup>; T<sub>Ag<sub>2</sub>S</sub> = 6,3.10<sup>-50</sup>.
- 27.** Kim loại A phản ứng với phi kim B tạo hợp chất C màu vàng cam. Cho 0,1 mol hợp chất C phản ứng với CO<sub>2</sub> (dư) tạo thành hợp chất D và 2,4 gam B. Hòa tan hoàn toàn D vào nước, dung dịch D phản ứng hết 100 ml dung dịch HCl 1 M giải phóng 1,12 l khí CO<sub>2</sub> (đktc). Hãy xác định A, B, C, D và viết các phương trình phản ứng xảy ra. Biết hợp chất C chứa 45,07 % B theo khối lượng; hợp chất D không bị phân tích khi nóng chảy.
- 28.** Viết phương trình hoá học cho mỗi trường hợp sau:
- a) Trong môi trường kiềm, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxi hoá Mn<sup>2+</sup> thành MnO<sub>2</sub>.  
b) Trong môi trường axit, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> khử MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> thành Mn<sup>2+</sup>.
- 29.** Hoàn thành các phương trình phản ứng sau đây:
- a) NaCl + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc, nóng →  
b) NaBr + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc, nóng →  
c) NaClO + PbS →  
d) FeSO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HNO<sub>2</sub> →  
e) KMnO<sub>4</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HNO<sub>2</sub> →  
f) NaNO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng →
- 30.** Có 5 lọ được đánh số mỗi lọ có chứa một trong các dung dịch sau: Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, (CH<sub>3</sub>COONa)<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, NaOH, BaCl<sub>2</sub>. Chất nào được chứa trong lọ số mấy nếu:  
- Rót dung dịch từ lọ 4 vào lọ 3 có kết tủa trắng.  
- Rót dung dịch từ lọ 2 vào lọ 1, tiếp tục rót thêm kết tủa đó bị tan.  
- Rót dung dịch từ lọ 4 vào lọ 5, ban đầu chưa có kết tủa rót thêm thì có lượng nhỏ kết tủa xuất hiện. Trong mỗi trường hợp giải thích đều viết phương trình phản ứng.
- 31.** Hãy viết phương trình phản ứng xảy ra ở mỗi trường hợp sau đây:
- a) Điều chế H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> theo phương pháp nitro: oxi hoá SO<sub>2</sub> bằng NO<sub>2</sub> trong dung dịch nước (có thăng bằng electron).

b) Điều chế một chất trong thành phần nhiên liệu tên lửa bằng cách cho khí  $F_2$  đi chậm qua muối rắn  $KNO_3$  hoặc  $KClO_4$  (trong mỗi trường hợp đều tạo ra 2 sản phẩm, trong đó luôn có  $KF$ ).

c)  $FeS$  hoặc  $FeCO_3$  bị oxi hoá bằng oxi không khí ẩm tạo ra  $Fe(OH)_3$  (có thăng bằng electron).

d)  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_2S_3$ ,  $Fe(OH)_3$  bị hoà tan trong dung dịch axit mạnh (với lượng dư) đều tạo ra ion  $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$ .

32. Hoà tan khí  $SO_2$  vào  $H_2O$  có các cân bằng sau:



Nồng độ  $SO_2$  thay đổi như thế nào? (giải thích) khi lần lượt tác động những yếu tố sau:

a) Đun nóng dung dịch.

b) Thêm dung dịch  $HCl$ .

c) Thêm dung dịch  $NaOH$ .

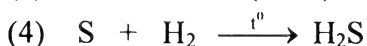
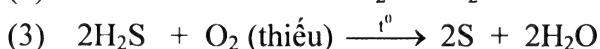
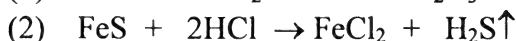
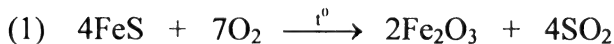
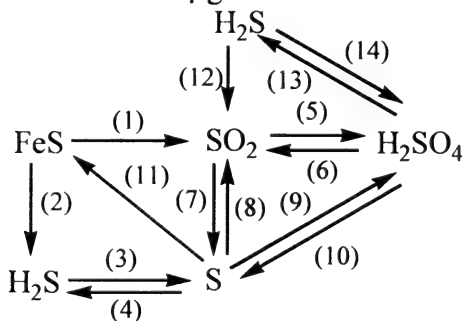
d) Thêm dung dịch  $KMnO_4$ .

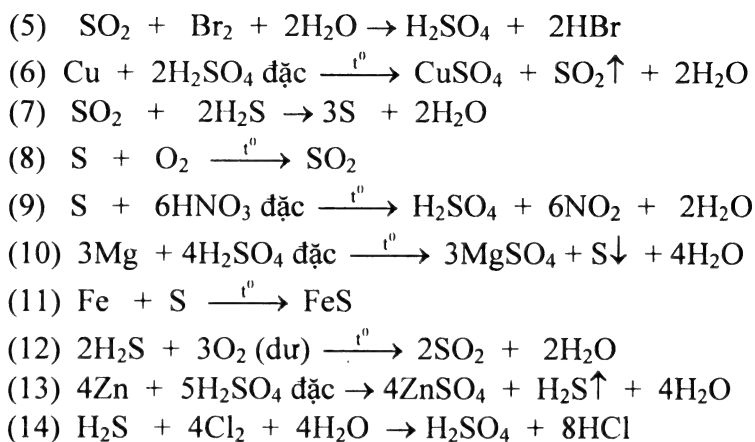
33. Khi  $Mn(OH)_2$  để trong không khí thì một phần bị oxi hoá thành  $MnO(OH)_2$ . Nhận biết sự có mặt của các chất trong hỗn hợp, giải thích và viết phương trình phản ứng.

34. Đun chảy 0,935 gam quặng cromit (chứa  $Cr_2O_3$ ) với  $Na_2O_2$  để oxi hoá  $Cr$  thành  $CrO_4^{2-}$ . Cho khối chảy vào nước và đun sôi để phân huỷ hết  $Na_2O_2$ . Axit hoá dung dịch, thêm 50 ml  $FeSO_4$  0,08M. Chuẩn độ lượng  $Fe^{2+}$  dư hết 14,85 ml  $KMnO_4$   $4 \cdot 10^{-3}M$ . Viết phương trình phản ứng tính phần trăm khối lượng của crom trong mẫu.

## D. HƯỚNG DẪN GIẢI

1. Sơ đồ biểu diễn mối liên hệ giữa các chất:





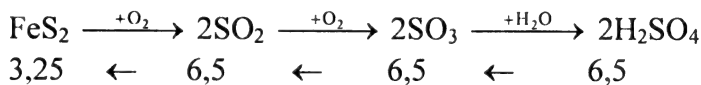
2. Phương trình phản ứng:



$$\text{Từ (1) và (2)} \Rightarrow n_{\text{S}} = n_{\text{SO}_2} = \frac{5}{2} n_{\text{KMnO}_4} = \frac{5}{2} \times 0,625 \times 0,005 = 7,8125 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\%m_{\text{S}} = \frac{7,8125 \cdot 10^{-3} \times 32}{100} \times 100\% = 0,25\% < 0,30\%$$

$$3. n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{1000 \cdot 63,7}{98 \cdot 100} = 6,5 \text{ mol}$$

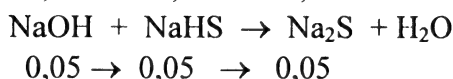
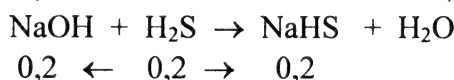
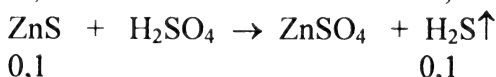
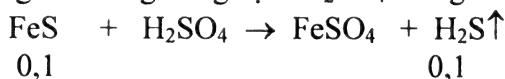


$$\Rightarrow m_{\text{quặng lí thuyết}} = \frac{120 \cdot 3,25}{0,755} = 516,556 \text{ gam}$$

Vì có 1,5% khối lượng  $\text{SO}_2$  bị hút trong khi nung quặng nên

$$\Rightarrow m_{\text{thực tế}} = \frac{516,556 \cdot 100}{100 - 1,5} = 524,42 \text{ gam}$$

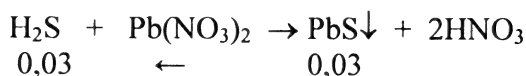
4.  $\text{CuS}$  không tan trong dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng.



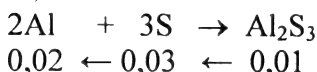
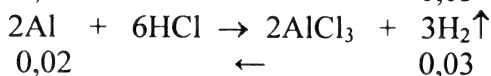
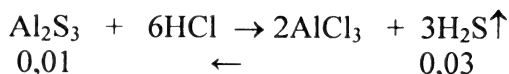
$$\Rightarrow n_{\text{NaHS dư}} = 0,2 - 0,05 = 0,15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m_{\text{muối}} = 0,15 \cdot 56 + 78 \cdot 0,05 = 12,3 \text{ gam}$$

$$5. n_{\text{PbS}} = \frac{7,17}{239} = 0,03 \text{ (mol)}; n_{\text{khí}} = \frac{1,344}{22,4} = 0,06 \text{ (mol)}$$

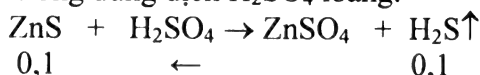


$$\Rightarrow n_{\text{H}_2} = 0,06 - 0,03 = 0,03 \text{ (mol)}$$

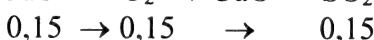
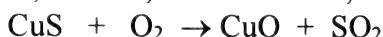
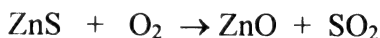


$$\Rightarrow m_{\text{S}} = 32 \cdot 0,03 = 0,96 \text{ gam}; m_{\text{Al}} = 27 \cdot (0,02 + 0,02) = 1,08 \text{ gam}$$

6. a) CuS không tan trong dung dịch H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> loãng.

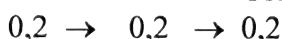
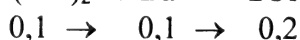
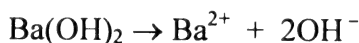


$$\Rightarrow n_{\text{CuS}} = \frac{24,1 - 97 \cdot 0,1}{96} = 0,15 \text{ mol}$$

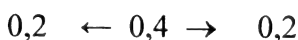
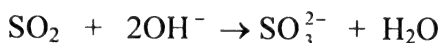


$$\Rightarrow \sum n_{\text{O}_2} = 0,1 + 0,15 = 0,25 \text{ mol} \Rightarrow V_{\text{O}_2} = 0,25 \cdot 22,4 = 5,6 \text{ lít}$$

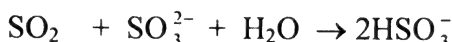
$$b) n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ mol}; n_{\text{NaOH}} = 0,2 \text{ mol}$$



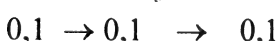
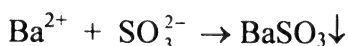
$$\Rightarrow \sum n_{\text{OH}^-} = 0,2 + 0,2 = 0,4 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{SO}_2} \text{ còn} = 0,25 - 0,2 = 0,05 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{SO}_3^{2-}} \text{ còn} = 0,2 - 0,05 = 0,15 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{SO}_3^{2-}} \text{ còn} = 0,15 - 0,1 = 0,05 \text{ mol}$$

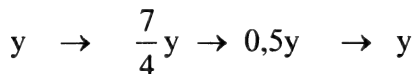
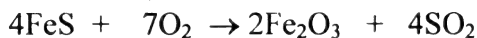
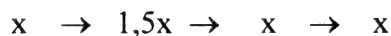
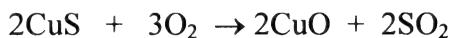


Dung dịch thu được chứa 0,1 mol  $\text{NaHSO}_3$  và 0,05 mol  $\text{Na}_2\text{SO}_3$   
 Nồng độ mol của các chất trong dung dịch thu được là

$$C_{M \text{ NaHSO}_3} = \frac{0,1}{0,2} = 0,5 \text{ M}$$

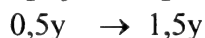
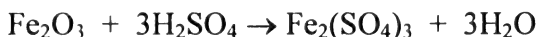
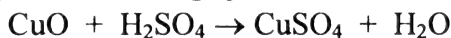
$$C_{M \text{ Na}_2\text{SO}_3} = \frac{0,05}{0,2} = 0,25 \text{ M}$$

$$7. a) n_{\text{O}_2} = \frac{8,96}{22,4} = 0,4 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{\text{O}_2} = 1,5x + \frac{7}{4}y = 0,4 \quad (1)$$

Chất rắn Y gồm  $\text{CuO}$  và  $\text{Fe}_2\text{O}_3$



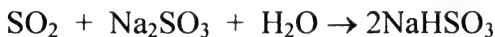
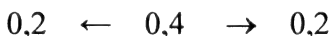
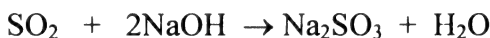
$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = x + 1,5y = 0,3 \quad (2)$$

Giải hệ (1)(2) ta được :

$$x = 0,15 \text{ mol} ; y = 0,1 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 96.0,15 + 88.0,1 = 23,2 \text{ gam}$$

$$b) n_{\text{NaOH}} = 0,4 \text{ mol} ; n_{\text{SO}_2} = x + y = 0,25 \text{ mol}$$

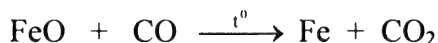
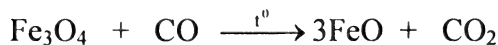
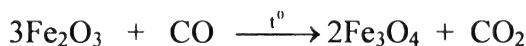


$$\Rightarrow n_{\text{Na}_2\text{SO}_3} \text{ còn} = 0,2 - 0,05 = 0,15 \text{ mol}$$

Khối lượng muối thu được sau phản ứng là

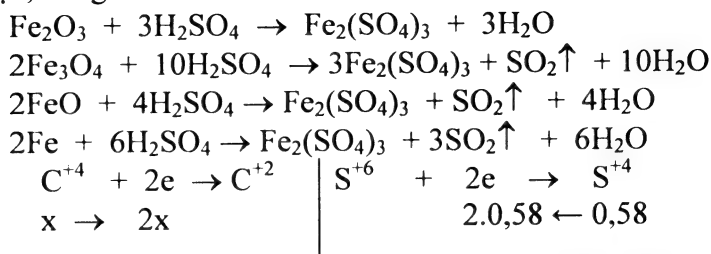
$$m_{\text{muối}} = m_{\text{Na}_2\text{SO}_3} + m_{\text{NaHSO}_3} = 126.0,15 + 104.0,1 = 29,3 \text{ gam}$$

$$8. n_{\text{CO}} = n_{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{32}{160} = 0,2 \text{ mol}$$

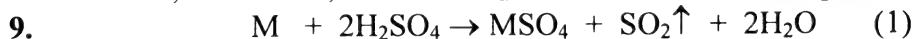


B gồm  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}$

• B + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> đặc, nóng:

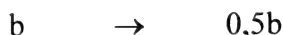
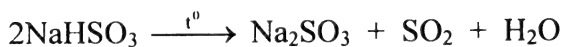
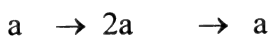
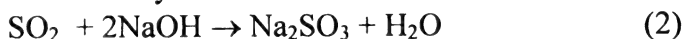


$$\Rightarrow 2x = 2.0,58 \Rightarrow x = 0,58 \text{ mol} \Rightarrow m_B = 32 - 16.0,32 = 26,88 \text{ gam}$$



$$n_{\text{NaOH}} = 0,7 \text{ mol}$$

Các phương trình có thể xảy ra:



Khi sục vào giả sử xảy ra cả (2) và (3) thì ta có hệ :

$$\begin{cases}
 2a + b = 0,7 \\
 126a + 126.0,5b = 41,8
 \end{cases} \Rightarrow \text{Vô nghiệm}$$

$$\text{Giả sử chỉ tạo NaHSO}_3 \Rightarrow n_{\text{NaHSO}_3} = 2. \frac{41,8}{126} = 0,66 \text{ mol} < n_{\text{NaOH}} = 0,7 \text{ mol (loại)}$$

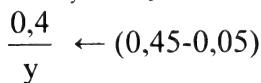
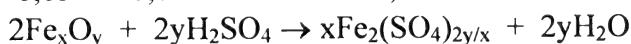
Vậy chất rắn thu được đó là Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> và NaOH (nếu có)

$$(2) \Rightarrow n_{\text{NaOH}} \text{ còn} = (0,7 - 2a) \text{ mol} \Rightarrow m_{\text{CR}} = 40(0,7 - 2a) + 126a = 41,8 \Rightarrow a = 0,3 \text{ mol}$$

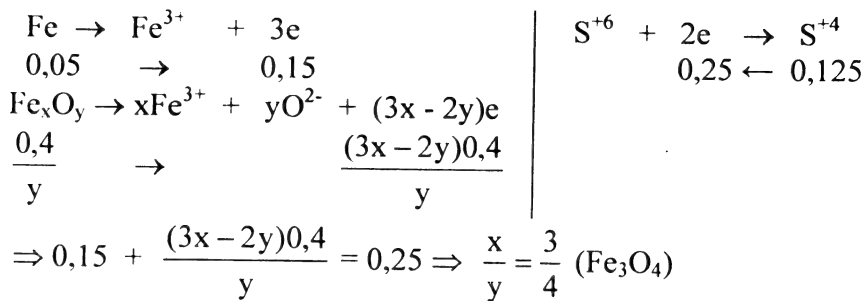
$$(1) \Rightarrow n_M = n_{\text{SO}_2} = 0,3 \text{ mol} \Rightarrow M = \frac{19,2}{0,3} = 64 (\text{Cu})$$

10. a)

$$\bullet \text{ Phần 1: } n_{\text{H}_2} = \frac{1,12}{22,4} = 0,05 \text{ mol} ; n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,55 \text{ mol}$$

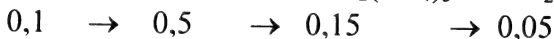
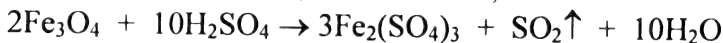
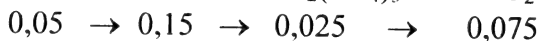


$$\bullet \text{ Phần 2: } n_{\text{SO}_2} = \frac{2,8}{22,4} = 0,125 \text{ mol} ; n_{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{ ban đầu} = \frac{100.98}{100.98} = 1 \text{ mol}$$



b)  $m = 2.(56.0,05 + 232.0,1) = 52 \text{ gam}$

c)



$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ còn}} = 1 - 0,65 = 0,35 \text{ mol} ; n_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = 0,025 + 0,15 = 0,175 \text{ mol}$$

$$m_{\text{dd Y}} = \frac{52}{2} + 100 - 64.(0,075 + 0,05) = 118 \text{ gam}$$

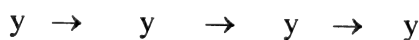
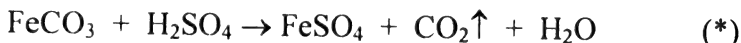
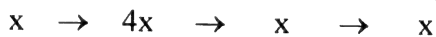
Nồng độ phần trăm của các chất trong Y là

$$C\%_{\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3} = \frac{400.0,175.100\%}{118} = 59,32\%$$

$$C\%_{\text{H}_2\text{SO}_4} = \frac{98.0,35.100\%}{118} = 29,06\%$$

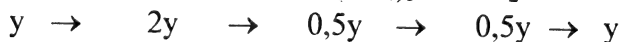
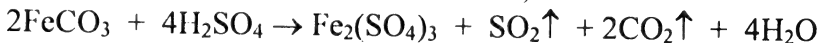
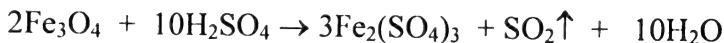
11. a)

• Phần 1:  $n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 0,55.1 = 0,55 \text{ mol}$



$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = 4x + y = 0,55 \quad (1)$$

• Phần 2:



$$\Rightarrow n_{\text{khí}} = 0,5x + 0,5y + y = \frac{6,16}{22,4} = 0,275 \quad (2)$$

Giải hệ (1)(2) ta được :

$$x = 0,1 \text{ mol} ; y = 0,15 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow m = 2(232.0,1 + 116.0,15) = 81,2 \text{ gam}$$

$$b) n_{H_2SO_4} \text{ ban đầu} = \frac{120.98}{100.98} = 1,2 \text{ mol} ;$$

$$n_{H_2SO_4} \text{ phản ứng} = 5.0,1 + 2.0,15 = 0,8 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{H_2SO_4} \text{ còn} = 1,2 - 0,8 = 0,4 \text{ mol} ;$$

$$m_{ddY} = \frac{81,2}{2} + 120 - 0,5.0,25.64 - 44.0,15 = 146 \text{ gam}$$

Nồng độ phần trăm của các chất trong dung dịch Y là

$$C\%_{H_2SO_4} = \frac{98.0,4.100\%}{146} = 26,85\%$$

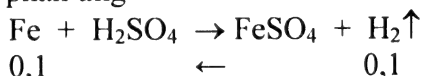
$$C\%_{Fe_2(SO_4)_3} = \frac{400.(1,5.0,1 + 0,5.0,15).100\%}{146} = 61,64\%$$

$$c) n_{CO_2} (*) = y = 0,15 \text{ mol} \Rightarrow V_{CO_2} = 0,15.22,4 = 3,36 \text{ lít}$$

**12.**

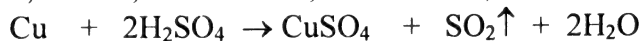
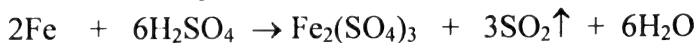
a)

• Phần 1: Cu không phản ứng



$$\bullet \text{ Phần 2: } n_{H_2SO_4} \text{ ban đầu} = \frac{100.98}{98.100} = 1 \text{ mol} ; n_{SO_2} = \frac{6,72}{22,4} = 0,3 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{H_2SO_4} \text{ phản ứng} = 2n_{SO_2} = 0,6 \text{ mol} < n_{H_2SO_4} \text{ ban đầu} \Rightarrow \text{Kim loại hết, axit còn}$$



Phần trăm khối lượng của mỗi kim loại trong hỗn hợp X là

$$\%Fe = \frac{5,6.100\%}{5,6 + 64.0,15} = 36,84\%$$

$$\%Cu = 100\% - 36,84\% = 63,16\%$$

$$b) n_{H_2SO_4} \text{ phản ứng} = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ mol}$$

$$m_Y = 5,6 + 9,6 + 100 - 0,3.64 = 96 \text{ gam}$$

Nồng độ phần trăm của các chất trong dung dịch Y là

$$C\%_{Fe_2(SO_4)_3} = \frac{400.0,05.100\%}{96} = 20,83\%$$

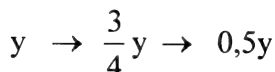
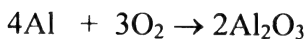
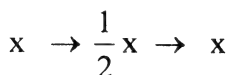
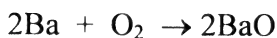
$$C\%_{CuSO_4} = \frac{160.0,15.100\%}{96} = 25\%$$

$$C\%_{H_2SO_4} = \frac{0,4.98.100\%}{96} = 40,83\%$$

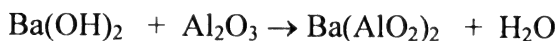
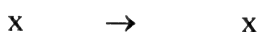
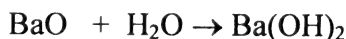
13.

a) Theo định luật bảo toàn khối lượng :

$$m_{O_2} = (m + 7,6) - m = 7,6 \text{ gam} \Rightarrow n_{O_2} = \frac{7,6}{32} = 0,2375 \text{ mol}$$



$$\Rightarrow n_{O_2} = \frac{1}{2}x + \frac{3}{4}y = 0,2375 \Rightarrow 2x + 3y = 0,95 \quad (1)$$



Chất rắn không tan là  $Al_2O_3$  còn dư

$$\Rightarrow n_{Al_2O_3} \text{ còn} = 0,5y - x = \frac{2,55}{102} = 0,025 \quad (2)$$

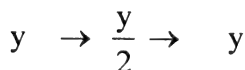
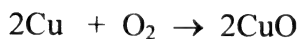
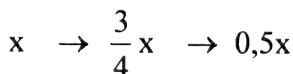
Giải hệ (1)(2) ta được :  $x = 0,1 \text{ mol}$  ;  $y = 0,25 \text{ mol}$

$$\Rightarrow m = 137.0,1 + 27.0,25 = 20,45 \text{ gam}$$

b) Dung dịch Z là dung dịch  $Ba(AlO_2)_2$

$$C_{M Ba(AlO_2)_2} = \frac{0,1}{0,5} = 0,2M$$

14.



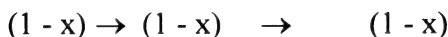
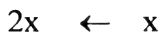
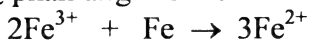
b) Ta có hệ:  $\begin{cases} 27x + 64y = 11,8 \\ 64y - 27x = 1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = 0,2 \\ y = 0,1 \end{cases} \Rightarrow V_{O_2} = \left(\frac{3}{4}.0,2 + \frac{1}{2}.0,1\right).22,4 = 4,48 \text{ lít}$

c) Phần trăm khối lượng của mỗi oxit trong hỗn hợp thu được :

$$\%m_{Al_2O_3} = \frac{102.0,1.100\%}{102.0,1 + 80.0,1} = 56\%$$

$$\%m_{CuO} = 100\% - 56\% = 44\%$$

15. Chọn  $n_{\text{Fe}}$  phản ứng = 1 mol



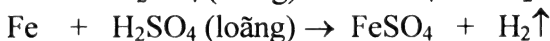
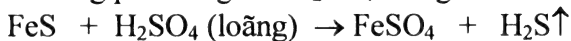
$$m_X = m_Y \Rightarrow m_{\text{Fe}} = m_{\text{Cu}} \Rightarrow 56 = 64(1-x) \Rightarrow x = 0,125 \text{ mol}$$

Phần trăm khối lượng  $\text{CuSO}_4$  trong X là

$$\%m_{\text{CuSO}_4} = \frac{160.(1-0,125).100\%}{160.(1-0,125) + 400.0,125} = 73,68\%$$

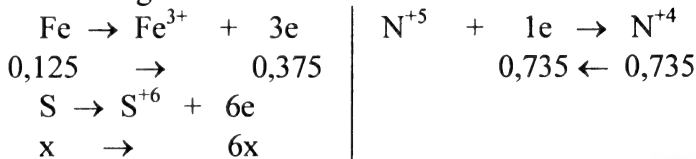
16.  $\text{Fe} + \text{S} \xrightarrow{t^0} \text{FeS}$

• Phần 1: S không phản ứng với  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng.



$$\Rightarrow n_{\text{Fe}} \text{ ban đầu} = 2n_{\text{khí}} = 0,25 \text{ mol}$$

• Phần 2: Coi như Y chỉ gồm Fe và S.

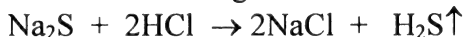


$$\Rightarrow 0,375 + 6x = 0,735 \Rightarrow x = 0,06 \text{ mol} \Rightarrow m = 56.0,25 + 32.2.0,06 = 17,84 \text{ gam}$$

17.

Dùng dung dịch  $\text{HCl}$  làm thuốc thử. Nhận ra :

- Dung dịch  $\text{Na}_2\text{S}$  : Có khí mùi trứng thối thoát ra.



- Dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  : Có khí mùi hắc thoát ra.



Cho dung dịch  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  vào 3 dung dịch còn lại. Nhận ra :

- Dung dịch  $\text{BaCl}_2$  : Có kết tủa màu trắng xuất hiện.



- Dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  : Có khí thoát ra.

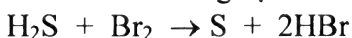


Còn lại là  $\text{NaCl}$  không hiện tượng gì.

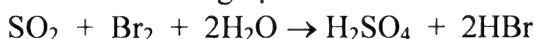
18.

Dùng dung dịch  $\text{Br}_2$  làm thuốc thử. Nhận ra :

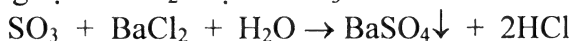
-  $\text{H}_2\text{S}$  : Làm mất màu dung dịch brom và có kết tủa màu vàng xuất hiện.



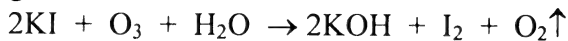
-  $\text{SO}_2$  : Làm mất màu dung dịch brom.



Dùng dung dịch  $\text{BaCl}_2$  nhận ra  $\text{SO}_3$  vì có kết tủa màu trắng.



Hai khí còn lại cho tác dụng lần lượt với dung dịch KI + hồ tinh bột. Nhận ra  $O_3$  vì tạo ra dung dịch màu xanh tím.



$I_2$  + hồ tinh bột  $\rightarrow$  dung dịch màu xanh tím

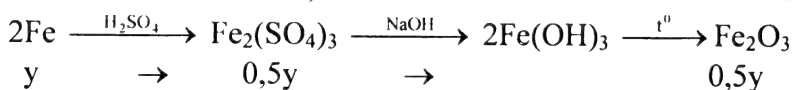
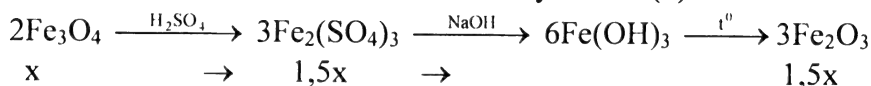
Chất khí còn lại là  $O_2$  không có hiện tượng gì.

19.

a) Chất rắn thu được sau khi nung là  $Fe_2O_3$ .

Gọi x, y lần lượt là số mol của  $Fe_3O_4$  và Fe chứa trong hỗn hợp X. Ta có :

$$232x + 56y = 20 \quad (1)$$



$$\Rightarrow n_{Fe_2O_3} = 1,5x + 0,5y = \frac{24}{160} = 0,15 \quad (2)$$

Giải hệ (1), (2) ta được :

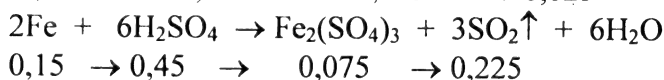
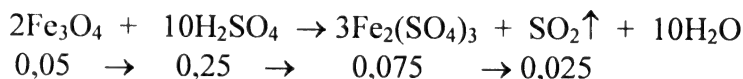
$$x = 0,05 \text{ mol} ; y = 0,15 \text{ mol}$$

Phần trăm khối lượng của mỗi chất trong X là

$$\%Fe_3O_4 = \frac{232.0,05.100\%}{20} = 58\%$$

$$\%Fe = \frac{56.0,15.100\%}{20} = 42\%$$

b)



$$\Rightarrow V_{SO_2} = (0,025 + 0,225).22,4 = 5,6 \text{ lít}$$

$$c) n_{H_2SO_4} \text{ ban đầu} = \frac{100.98}{100.98} = 1 \text{ mol} \Rightarrow n_{H_2SO_4} \text{ còn} = 1 - (0,45 + 0,25) = 0,3 \text{ mol}$$

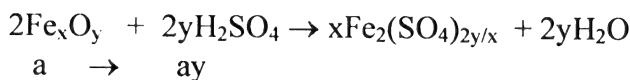
$$n_{Fe_2(SO_4)_3} = 1,5x + 0,5y = 0,15 \text{ mol} ; m_{dd Y} = 20 + 100 - 64.0,25 = 104 \text{ gam}$$

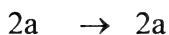
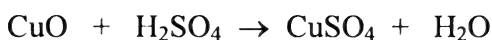
Nồng độ phần trăm các chất trong dung dịch Y là :

$$C\%_{Fe_2(SO_4)_3} = \frac{400.0,15.100\%}{104} = 57,69\%$$

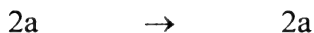
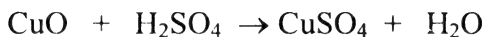
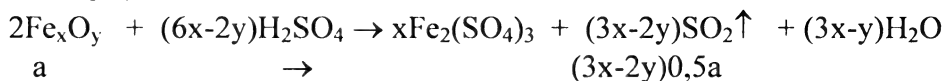
$$C\%_{H_2SO_4} = \frac{98.0,3.100\%}{104} = 28,26\%$$

20.





$$\Rightarrow n_{\text{H}_2\text{SO}_4} = ay + 2a = 0,3 \quad (1)$$



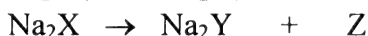
$$\Rightarrow n_{\text{SO}_2} = (3x-2y)0,5a = 0,05 \quad (2)$$

$$(1)(2) \Rightarrow \frac{(3x-2y).0,5}{y+2} = \frac{0,05}{0,3} \Rightarrow 9x = 7y + 2$$

$$\Rightarrow x = y = 1 (\text{FeO})$$

21.

a) Đặt A là  $\text{Na}_2\text{X}$ ; B là  $\text{Na}_2\text{Y}$ , ta có:



Z có thể là  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ . Vậy:

Cứ 0,25 mol thì lượng A khác lượng B là 16,0 gam.

So sánh các cặp chất, thấy A:  $\text{Na}_2\text{S}$ ; B:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Vậy :

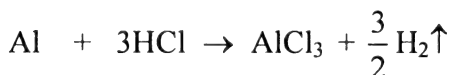


b) Tính  $m_1, m_2$ :

$$m_1 = 78. 0,25 = 19,5 \text{ gam}$$

$$m_2 = 19,5 + 16,0 = 142.0,25 = 35,5 \text{ gam}$$

$$22. a) n_{\text{H}_2} = \frac{8,316.273}{300.3.22,4} = 0,3375 \text{ mol}$$



$$0,225 \leftarrow 0,675 \leftarrow 0,225 \leftarrow 0,3375$$

$$\Rightarrow n_{\text{HCl}} \text{ dư} = 0,8 - 0,675 = 0,125 \text{ mol} \Rightarrow \text{Al tan hết, S không phản ứng}$$

$\Rightarrow$  Nồng độ dung dịch B:

$$C_{\text{HCl}} \text{ dư} = \frac{0,125}{0,4} = 0,3125 \text{ M}$$

$$C_{\text{AlCl}_3} = \frac{0,225}{0,4} = 0,5625 \text{ M}$$

$$C_{\text{H}^+} = 0,3125 \text{ M}; C_{\text{Al}^{3+}} = 0,5625 \text{ M}; C_{\text{Cl}^-} = 2 \text{ M}$$

Nung không có oxi:

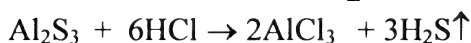
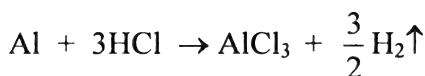


$$0,075 \leftarrow 0,1125 \rightarrow 0,0375$$

Trong 6,6375 gam A có 0,1125 mol Al và 0,1125 mol S

Theo phương trình: chất rắn D có 0,0375 mol  $\text{Al}_2\text{S}_3$  và 0,0375 mol Al dư.





$$\Rightarrow n_{\text{HCl}} \text{ phản ứng} = 0,0375 \cdot 9 = 0,3375 \text{ mol}$$

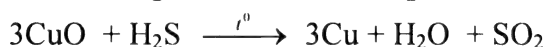
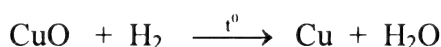
$$\Rightarrow n_{\text{HCl}} \text{ còn} = 0,4 - 0,3375 = 0,0625 \text{ mol}$$

$$\Rightarrow C_{\text{H}^+} = 0,3125 \text{ M}; C_{\text{Al}^{3+}} = 0,5625 \text{ M}; C_{\text{Cl}^-} = 2 \text{ M}$$

$$\text{b) Tính pH} = -\lg C_{\text{H}^+} = -\lg 0,3125 \approx 0,51$$

Cần pH thấp để tránh sự thủy phân:  $\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3\downarrow + 3\text{H}^+$   
và để sự hòa tan hoàn toàn trong axit dư.

$$\text{c) } n_{\text{CuO}} \text{ ban đầu} = \frac{31,5}{80} = 0,39375 \text{ mol}$$



Theo phương trình  $n_{\text{CuO}} \text{ phản ứng} = 0,05625 + 3 \cdot 0,1125 = 0,39375 \text{ mol}$  (vừa hết)

Nên chất rắn sau phản ứng là Cu

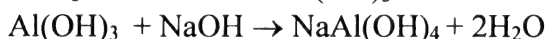
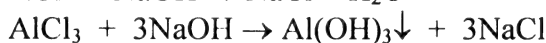
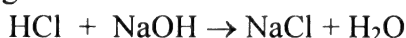
$$m_{\text{Cu}} = 0,39375 \cdot 64 = 25,2 \text{ gam}$$

$$V_{\text{SO}_2} (\text{đkc}) = 0,1125 \cdot 22,4 = 3,4431 \text{ lít}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = (0,05625 + 0,1125) \cdot 22,4 = 5,1646 \text{ lít}$$

$$\text{d) } n_{\text{NaOH}} = \frac{198,1 \cdot 1,0,1}{40} = 0,5445 \text{ mol}$$

Khi nhỏ dung dịch NaOH vào dung dịch F thì có kết tủa trắng xuất hiện, tan trong NaOH dư.



Theo phương trình:  $n_{\text{NaOH}} \text{ phản ứng} = 0,0625 + 0,1125 \cdot 4 = 0,5125 \text{ mol} < 0,5445$

Nên toàn bộ kết tủa tan hết  $\Rightarrow m_{\text{kt}} \text{ max} = 0,1125 \cdot 78 = 8,775 \text{ gam}$   
 $m_{\text{kt}} \text{ min} = 0$

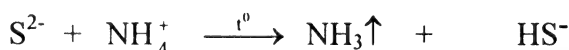
### 23. Dùng phenolphthalein nhận ra $\text{K}_2\text{S}$



$\text{pH} > 10 \Rightarrow$  Dung dịch phenolphthalein có màu đỏ.

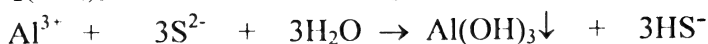
Dùng  $\text{K}_2\text{S}$  làm thuốc thử. Cho  $\text{K}_2\text{S}$  vào các dung dịch còn lại:

• Với  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :



Nhận ra  $\text{NH}_3$  nhờ mùi khai, hoặc hoá đỏ giấy lọc tẩm phenolphthalein (vì  $\text{NH}_3$  có  $\text{pH} > 9$ ).

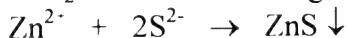
- Với  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ : Cho kết tủa keo trắng  $\text{Al}(\text{OH})_3$



- Với  $\text{MgSO}_4$ : Cho kết tủa trắng  $\text{Mg}(\text{OH})_2$



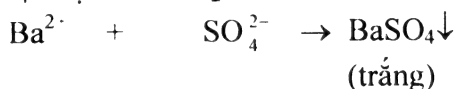
- Với  $\text{ZnCl}_2$ : Cho kết tủa trắng  $\text{ZnS}$



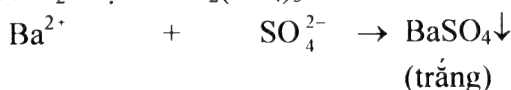
Dùng  $\text{NH}_4\text{Cl}$  để nhận ra  $\text{MgSO}_4$ : kết tủa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  tan được trong  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ; trong khi các kết tủa  $\text{Al}(\text{OH})_3$  và  $\text{ZnS}$  không tan.



Dùng  $\text{MgSO}_4$  nhận ra  $\text{BaCl}_2$ :



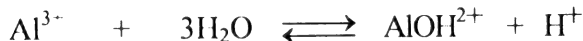
Dùng  $\text{BaCl}_2$  nhận ra  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ :



Còn lại là  $\text{KCl}$ .

(Hoặc dùng metyl da cam làm thuốc thử)

Nhận ra  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

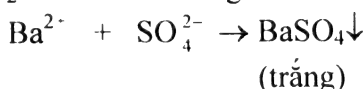


Dung dịch có phản ứng rất axit ( $\text{pH} < 4$ ) làm cho metyl da cam có màu da cam hoặc đỏ hồng.

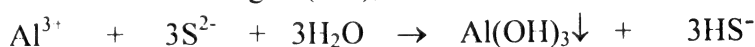
Các dung dịch còn lại đều có  $\text{pH} > 4,4$  nên metyl da cam có màu vàng.

Dùng  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  làm thuốc thử:

- Với  $\text{BaCl}_2$  cho kết tủa trắng tinh thể:

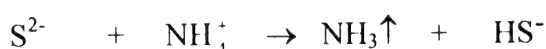


- Với  $\text{K}_2\text{S}$  cho kết tủa keo trắng  $\text{Al}(\text{OH})_3$



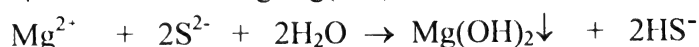
Dùng  $\text{K}_2\text{S}$  làm thuốc thử:

- Với  $\text{NH}_4\text{Cl}$ :

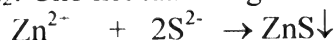


Nhận ra  $\text{NH}_3$  nhờ mùi khai, hoặc hoá đỏ giấy lọc tẩm phenolphthalein.

- Với  $\text{MgSO}_4$ : Cho kết tủa trắng  $\text{Mg}(\text{OH})_2$

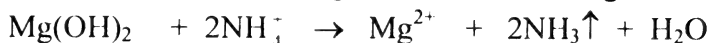


- Với  $\text{ZnCl}_2$ : Cho kết tủa trắng  $\text{ZnS}$



Với KCl không có dấu hiệu gì.

Để phân biệt  $\text{MgSO}_4$  với  $\text{ZnCl}_2$ , cho  $\text{NH}_4\text{Cl}$  vào 2 kết tủa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  và  $\text{ZnS}$  thì chỉ có kết tủa  $\text{Mg}(\text{OH})_2$  tan trong  $\text{NH}_4\text{Cl}$  khi đun nóng.



Còn  $\text{ZnS}$  không tan.

24.

- a)  $\text{CO} + \text{CuO} \xrightarrow{t^0} \text{CO}_2 + \text{Cu}$
- b)  $\text{H}_2\text{S} + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CuS}\downarrow + 2\text{HCl}$
- c)  $\text{HCl} + \text{NaHS} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{S}$
- d)  $\text{HCl} + \text{NaHSO}_3 \rightarrow \text{NaCl} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- e)  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}_2\text{S}_2\text{O}_7 \text{ (oleum)}$

25. Có thể dùng thêm phenolphthalein nhận biết các dung dịch:  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KOH}$ ,  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ .

• Lần lượt nhỏ vài giọt phenolphthalein vào từng dung dịch. Nhận ra dung dịch  $\text{KOH}$  do xuất hiện màu đỏ tía.

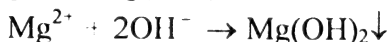
• Lần lượt cho dung dịch  $\text{KOH}$  vào mỗi dung dịch còn lại. Nhận ra:

- Dung dịch  $\text{AgNO}_3$  có kết tủa màu nâu

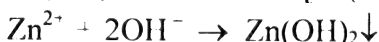
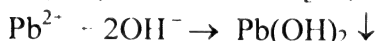
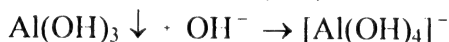
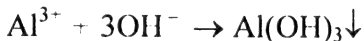


hoặc  $2\text{Ag}^+ + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Ag}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$

- Dung dịch  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  có kết tủa trắng, keo



- Các dung dịch  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  đều có chung hiện tượng tạo ra kết tủa trắng, tan trong dung dịch  $\text{KOH}$  (dư).

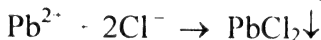


- Dung dịch  $\text{NaCl}$  không có hiện tượng gì

- Dùng dung dịch  $\text{AgNO}_3$  nhận ra dung dịch  $\text{AlCl}_3$  do tạo ra kết tủa trắng



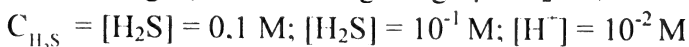
- Dùng dung dịch  $\text{NaCl}$  nhận ra dung dịch  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  do tạo ra kết tủa trắng

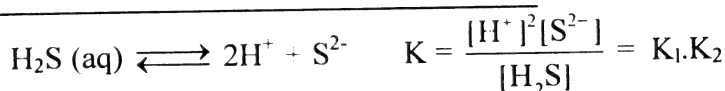
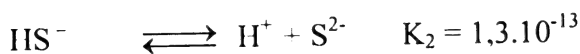
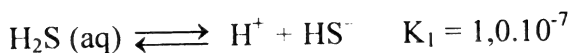
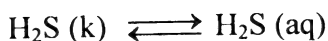


Còn lại là dung dịch  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ .

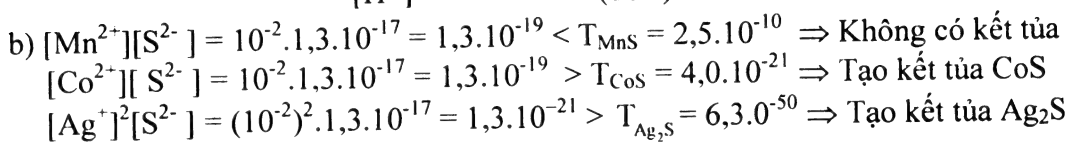
26.

a) Tính nồng độ ion  $\text{S}^{2-}$  trong dung dịch  $\text{H}_2\text{S}$  0,100 M; pH = 2,0.





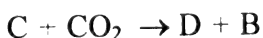
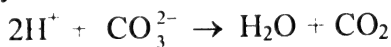
$$[\text{S}^{2-}] = 1,3 \cdot 10^{-20} \cdot \frac{[\text{H}_2\text{S}]}{[\text{H}^+]^2} = 1,3 \cdot 10^{-20} \cdot \frac{10^{-1}}{(10^{-2})^2} = 1,3 \cdot 10^{-17} \text{ M.}$$



27.  $n_{\text{HCl}} = 0,1 \text{ mol}$ ;  $n_{\text{CO}_2} = 0,05 \text{ mol}$ . Dung dịch D phản ứng hết 0,1 mol HCl giải

$$\text{phóng khí CO}_2 \Rightarrow \frac{n_{\text{H}^+}}{n_{\text{CO}_2}} = \frac{0,1}{0,05} = \frac{2}{1}$$

$\Rightarrow$  Hợp chất D là muối cacbonat kim loại. Hợp chất D không bị phân tích khi nóng chảy, vậy D là cacbonat kim loại kiềm.



$\Rightarrow$  C là peroxit hay superoxit, B là oxi.

Đặt công thức hoá học của C là  $\text{A}_x\text{O}_y$ .

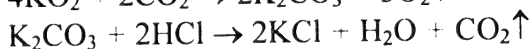
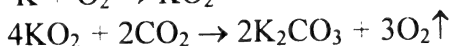
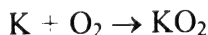
Lượng oxi trong 0,1 mol C ( $\text{A}_x\text{O}_y$ ) là  $16 \cdot 0,05 + 2,4 = 3,2 \text{ gam}$ ;

$$m_{\text{C}} = \frac{3,2 \cdot 100}{45,07} = 7,1 \text{ gam}$$

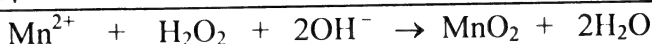
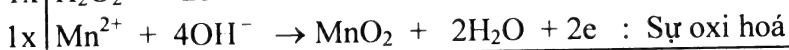
$$\Rightarrow M_{\text{C}} = \frac{7,1}{0,1} = 71 \text{ (g/mol)} \Rightarrow m_{\text{A}} \text{ trong C} = 7,1 - 3,2 = 3,9 \text{ gam.}$$

$$x : y = \frac{3,9}{M_{\text{A}}} : \frac{3,2}{16} \Rightarrow M_{\text{A}} = 39. \text{ Vậy A là K; B là O}_2; \text{ C là KO}_2; \text{ D là K}_2\text{CO}_3$$

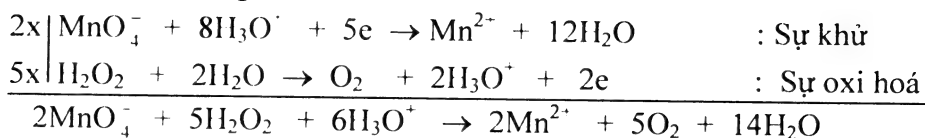
Các phương trình phản ứng:



28. a) Trong môi trường kiềm:



c) Trong môi trường axit:

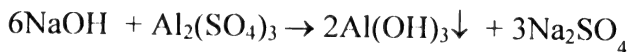


29.

- a)  $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{đặc, nóng}) \rightarrow \text{HCl} + \text{NaHSO}_4$   
 Hoặc  $2\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{đặc, nóng}) \rightarrow 2\text{HCl} + \text{Na}_2\text{SO}_4$   
 b)  $2\text{NaBr} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{đặc, nóng}) \rightarrow 2\text{NaHSO}_4 + 2\text{HBr}$   
 $2\text{HBr} + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{đặc, nóng}) \rightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2$   
 $2\text{NaBr} + 3\text{H}_2\text{SO}_4 (\text{đặc, nóng}) \rightarrow 2\text{NaHSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + \text{Br}_2$   
 c)  $4\text{NaClO} + \text{PbS} \rightarrow 4\text{NaCl} + \text{PbSO}_4$   
 d)  $2\text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{HNO}_2 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{NO} + 2\text{H}_2\text{O}$   
 e)  $2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 + 5\text{HNO}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{HNO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$   
 f)  $3\text{NaNO}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 (\text{loãng}) \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{NaNO}_3 + 2\text{NO} + \text{H}_2\text{O}$

30. - Có thể lập bảng dễ xét

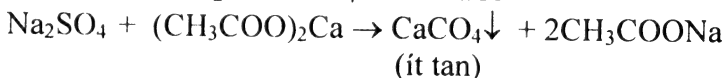
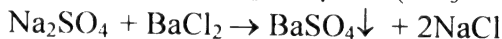
+ Theo giả thiết: Lọ 2 là NaOH, lọ 1 là  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  vì ban đầu có kết tủa trắng xuất hiện:



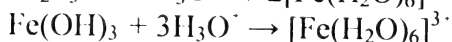
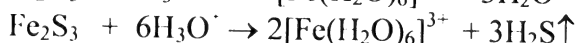
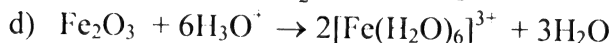
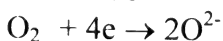
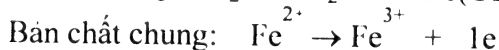
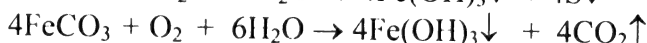
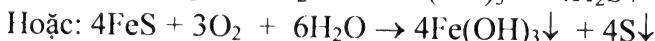
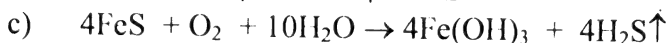
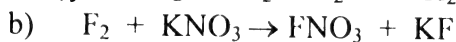
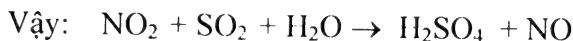
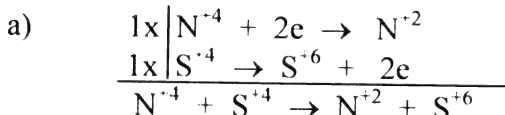
Sau đó thêm NaOH thì kết tủa tan:



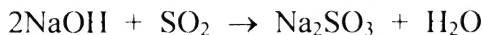
+ Lọ 4 là  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ; lọ 3 là  $\text{BaCl}_2$  và lọ 5 là  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$  vì:



31.

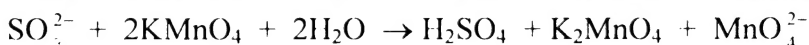
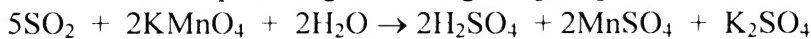


32. a) Đun nóng dung dịch:  $\text{SO}_2$  thoát khỏi dung dịch  $\Rightarrow [\text{SO}_2]$  trong dung dịch giảm.  
 b) Thêm dung dịch  $\text{HCl}$ : Cân bằng (2)(3) chuyển sang trái  $\Rightarrow$  Cân bằng (1) chuyển sang trái  $\Rightarrow [\text{H}_2\text{SO}_3]$  tăng  $\Rightarrow [\text{SO}_2]$  tăng.  
 c) Thêm  $\text{NaOH}$ :  $\text{NaOH} + \text{SO}_2 \rightarrow \text{NaHSO}_3$



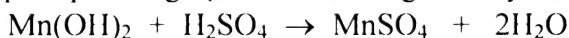
Cân bằng (2)(3) chuyển sang phải  $\Rightarrow$  Cân bằng (1) chuyển sang phải  $\Rightarrow [\text{SO}_2]$  giảm

d) Thêm  $\text{KMnO}_4$ . Có phản ứng  $\Rightarrow$  Làm giảm  $[\text{SO}_2]$ .

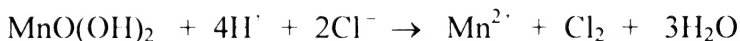


33.  $2\text{Mn}(\text{OH})_2 + \text{O}_{2(\text{kk})} \rightarrow 2\text{MnO}(\text{OH})_2 \downarrow$

Cho hỗn hợp đi qua dung dịch  $\text{H}_2\text{SO}_4$  loãng thì thấy hỗn hợp tan một phần vì:

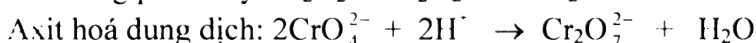
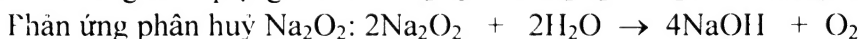


$\text{Mn}(\text{OH})_2$  là một hidroxít có tích số tan lớn ( $K = 10^{-12.6}$ ) nên dễ tan trong các axit loãng thậm chí cả dung dịch  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{CH}_3\text{COOH}$  cho dung dịch  $\text{Mn}^{2+}$  màu hồng nhạt. Chất rắn còn lại cho vào dung dịch  $\text{HCl}$  đặc hoặc  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  thì tan hết.

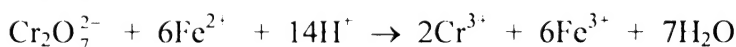


Sở dĩ như vậy là do  $\text{MnO}(\text{OH})_2$  có tính oxi hoá mạnh. Nó không tan trong dung dịch axit không có tính khử như  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hay  $\text{HNO}_3$ . Nó chỉ tan trong dung dịch axit có tính khử như  $\text{HCl}$  hay  $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2$ . Để nhận biết ion  $\text{Mn}^{2+}$  cho vào dung dịch  $\text{S}^{2-}$  thì thấy tạo thành kết tủa  $\text{MnS}$  màu đen.

34. Phản ứng đun quặng cromít:  $\text{Cr}_2\text{O}_3 + 3\text{Na}_2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{CrO}_4 + 2\text{NaOH}$



Phản ứng giữa  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  với  $\text{Fe}^{2+}$ :



Phản ứng chuẩn độ  $\text{Fe}^{2+}$  dư:



$$\Rightarrow n_{\text{Fe}^{2+}} = 5n_{\text{MnO}_4^-} = 5.4.10^{-3}.14.85.10^{-3} = 0.297.10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Fe}^{2+}} \text{ phản ứng với } \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} = 0.08.50.10^{-3} - 0.297.10^{-3} = 3.703.10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} = \frac{1}{6} n_{\text{Fe}^{2+}} \text{ pur} = \frac{3.703.10^{-3}}{6} = 0.6172.10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Cr}} = 2.0.6172.10^{-3} = 1.234.10^{-3} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow \% \text{Cr} = \frac{1.234.10^{-3}.51.996}{0.935}.100\% = 6.86\%$$

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đào Hữu Vinh, Nguyễn Duy Ái; *Tài liệu giáo khoa chuyên hóa học 10* - NXB Giáo dục, Hà Nội 2004.
2. Nguyễn Duy Ái, Nguyễn Tinh Dung, Trần Thành Huế, Trần Quốc Sơn, Nguyễn Văn Tòng; *Một số vấn đề chọn lọc của hóa học*. Tập 2. NXB Giáo dục, Hà Nội 2002.
3. Đào Hữu Vinh; *Cơ sở lí thuyết hóa học*. NXB Hà Nội 2007.
4. Nguyễn Tinh Dung, Hoàng Nhâm, Trần Quốc Sơn, Phạm Văn Tư; *Tài liệu nâng cao và mở rộng kiến thức hóa học phổ thông trung học*. NXB Giáo dục, Hà Nội 1999.
5. Nguyễn Tinh Dung; *Hóa học phân tích, Phần I. Lí thuyết cơ sở (cân bằng ion)*. NXB Giáo dục, Hà Nội 1981.
6. Lâm Ngọc Thiêm, Trần Hiệp Hải; *Những nguyên lí cơ bản của hóa học*. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2000.
7. Lê Mậu Quyền; *Cơ sở lí thuyết hóa học*. NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội 2001.
8. *Tuyển tập đề thi olympic 30 tháng 4, lần thứ XVI - 2010*. NXB Đại Học Sư Phạm, Hà Nội 2010.
9. *Tuyển tập đề thi olympic 30 tháng 4, lần thứ XVII - 2011*. NXB Đại Học Sư Phạm, Hà Nội 2011.
10. *Tuyển tập đề thi olympic 30 tháng 4, lần thứ XVIII - 2012*. NXB Đại Học Sư Phạm, Hà Nội 2012.

# Mục lục

## CHUYÊN ĐỀ 1. CẤU TẠO NGUYÊN TỬ

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	7
B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP.....	20
C. BÀI TẬP.....	36
D. HƯỚNG DẪN GIẢI .....	39

## CHUYÊN ĐỀ 2. BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ HOÁ HỌC VÀ ĐỊNH LUẬT TUẦN HOÀN

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	48
B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP.....	60
C. BÀI TẬP.....	75
D. HƯỚNG DẪN GIẢI .....	77

## CHUYÊN ĐỀ 3. CẤU TẠO PHÂN TỬ VÀ LIÊN KẾT HOÁ HỌC

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	85
B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP.....	107
C. BÀI TẬP.....	139
D. HƯỚNG DẪN GIẢI .....	143

## CHUYÊN ĐỀ 4. PHẢN ỨNG OXI HÓA - KHỬ

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	163
B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP.....	173
C. BÀI TẬP.....	194
D. HƯỚNG DẪN GIẢI .....	198

## CHUYÊN ĐỀ 5. NHIỆT HÓA HỌC VÀ NHIỆT ĐỘNG HỌC

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	216
B. BÀI TẬP.....	230
C. HƯỚNG DẪN GIẢI.....	234



## **CHUYÊN ĐỀ 6. ĐỘNG HÓA HỌC**

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	240
B. BÀI TẬP.....	248
C. HƯỚNG DẪN GIẢI.....	252

## **CHUYÊN ĐỀ 7. CÂN BẰNG HÓA HỌC**

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	260
B. BÀI TẬP.....	272
C. HƯỚNG DẪN GIẢI.....	275

## **CHUYÊN ĐỀ 8. ĐIỆN HÓA HỌC**

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	282
B. BÀI TẬP.....	312
C. HƯỚNG DẪN GIẢI.....	317

## **CHUYÊN ĐỀ 9. NHÓM HALOGEN**

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	338
B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP.....	348
C. BÀI TẬP.....	369
D. HƯỚNG DẪN GIẢI .....	373

## **CHUYÊN ĐỀ 10. NHÓM OXI**

A. LÍ THUYẾT CƠ BẢN VÀ NÂNG CAO.....	386
B. PHƯƠNG PHÁP GIẢI NHANH CÁC DẠNG BÀI TẬP.....	396
C. BÀI TẬP.....	433
D. HƯỚNG DẪN GIẢI .....	437